

EVAPORAÇÃO OBTIDA EM EVAPORÍMETROS EM FORMA DE U E VERTICAL  
COMPARADA COM A EVAPORAÇÃO ESTIMADA PELA EQUAÇÃO DE PENMAN

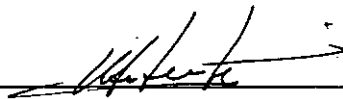
Simon Bolivar Maia Mendes

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS  
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.) EM ENGENHARIA

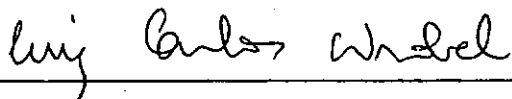
Aprovada por:



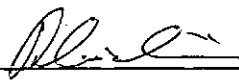
PAULO CANEDO DE MAGALHÃES  
Presidente



CIRUS MACEDO HACKENBERG



LUIZ CARLOS WROBEL



RUY MONTEIRO CIARLINI

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

1984

## FICHA CATALOGRÁFICA

MENDES, Simon Bolivar Maia

Evaporação Obtida em Evaporímetros em Forma de U e Vertical Comparada com a Evaporação Estimada pela Equação de Penman. (Rio de Janeiro) 1984.

XL, 1 p. 29,7cm(COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil,1984)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

1. Evaporação I. COPPE/UFRJ II. Título

DEDICO

A SEBASTIÃO E ANÁLIA, meus pais

Décima, minha esposa

Simone, minha filha

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Cirus Macedo Hackenberg e Paulo Cannedo de Magalhães pela valiosa orientação dada para a realização deste trabalho.

Ao Antônio Gonçalves Neto, técnico do laboratório de termofluidodinâmica da COPPE, pela dedicação na coleta de dados.

Resumo da Tese Apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

EVAPORAÇÃO OBTIDA EM EVAPORÍMETROS EM FORMA DE U E VERTICAL  
COMPARADA COM A EVAPORAÇÃO ESTIMADA PELA EQUAÇÃO DE PENMAN

Simon Bolivar Maia Mendes

Outubro, 1984

Orientadores: Paulo C. de Magalhães e C.M. Hackenberg

Programa: Engenharia Civil

O objetivo deste estudo foi analisar os valores de evaporação medidos com os evaporímetros em forma de U e vertical desenvolvidos nos Laboratórios de Recursos Hídricos e Termofluidodinâmica da COPPE/UFRJ pelos professores CIRUS MACEDO HACKENBERG e PAULO CANEDO DE MAGALHÃES.

Os dados de evaporação medidos com o evaporímetro em U ao sol foram comparados com os estimados pela equação de Penman obtendo-se bons resultados.

Os dados de evaporação medidos com o evaporímetro vertical foram comparados com os medidos pelo evaporímetro em U não se obtendo bons resultados nas comparações horárias.

Os dados horários de evaporação estimados pela equação de Penman modificada foram comparados com os obtidos pelo evaporímetro em U ao sol e equação tipo seno obtendo-se bons resultados.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EVAPORATION DATA OBTAINED FROM THE U SHAPED AND VERTICAL EVAPORIMETERS COMPARED TO THE VALUES SUPPLIED BY THE PENMAN EQUATION

Simon Bolivar Maia Mendes

October, 1984

Chairmen: Paulo C. de Magalhães e C.M. Hackenberg

Department: Civil Engineering

The purpose of this study was firstly to analyse evaporation by the use of U shaped and vertical evaporimeters which are being developed in the laboratories of Hidraulic Resources and Thermo fluid-dynamics of COPPE-UFRJ by CIRUS MACEDO HACKENBERG & PAULO CANEDO DE MAGALHÃES, and secondly to test the Penman modified equation to evaluate hourly evaporation.

The evaporation data obtained from the U shaped evaporimeter exposed to the sun, was analysed and also compared to the values supplied by the Penman equation. The results were good.

The evaporation data obtained from the vertical evaporimeter was compared to the data obtained from the U shaped evaporimeter which had been exposed to the sun. Results obtained by hourly comparisons were not good.

The hourly evaporation data supplied by the modified Penman equation were compared to both the data obtained by the U shaped evaporimeter exposed to the sun and the sine equation. Good results were obtained.

## NOMENCLATURA

$A_{U_I}$	- área da seção transversal correspondente a parte graduada do tubo evaporimétrico em forma de U. ( $\text{mm}^2$ )
$A_{U_{II}}$	- área da seção transversal da superfície evaporante do evaporímetro em forma de U. ( $\text{mm}^2$ )
$A_{V_I}$	- área da seção transversal correspondente a parte graduada do tubo evaporimétrico Vertical. ( $\text{mm}^2$ )
$A_{V_{II}}$	- área da seção transversal da superfície evaporante do evaporímetro Vertical. ( $\text{mm}^2$ )
B.S.	- temperatura medida no termômetro de bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ )
B.U.	- temperatura medida no termômetro de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ )
C	- parcela da energia radiante próximo à superfície da água. ( $\text{cal}/\text{cm}^2$ )
C. Corr.	- coeficiente de correlação linear.
$D_p$	- desvio padrão. (mm)
E	- parcela da energia radiante transformada em evaporação. ( $\text{cal}/\text{cm}^2$ )
$E_a$	- poder evaporante do ar. (mm/dia)
$e_a$	- pressão parcial do vapor d'água à temperatura média do ar. (mm de Hg)
$e_d$	- pressão do vapor d'água do ar. (mm de Hg)
$E_p$	- evaporação estimada pela equação de Penman (mm/dia e mm/hora)
$\Sigma E_{pm}$	- somatório dos valores horários de evaporação estimados pela equação de Penman modificada. (mm/hora)
$e_s$	- pressão de saturação do vapor d'água. (mm de Hg)
$E_t$	- evaporação por unidade de tempo

- Ev U - evaporação obtida no evaporímetro em forma de U à som  
bra. (mm/hora)
- Ev Usol - evaporação obtida no evaporímetro em forma  
de U exposto ao sol. (mm/hora)
- Ev V - evaporação obtida no evaporímetro Vertical (mm/hora)
- f.c. - fator de conversão
- f(u) - função da velocidade do vento
- H - energia líquida total radiante. (mm/dia)
- K - parcela da energia radiante correspondente à transferê  
rência convectiva do ar (cal/cm<sup>2</sup>)
- K<sub>U</sub> - fator de correção das leituras de evaporação medidas  
no evaporímetro em forma de U. (0,0447)
- K<sub>V</sub> - fator de correção das leituras de evaporação medidas  
no evaporímetro Vertical. (0,1198)
- m/10 - fração de horas do céu coberta por núvens.
- n/N - é a relação entre o número de horas com sol e o nú-  
mero de horas possíveis de existir sol.
- r - coeficiente de reflexão da radiação na superfície (al-  
bedo), igual a 0,5 para a água e 1,0 para o solo.
- R<sub>A</sub> - é o valor de R<sub>c</sub> encontrado por Angot para uma atmos-  
completamente transparente.
- R<sub>c</sub> - pequenas oscilações da radiação do sol e céu, geral-  
mente medido em evaporação equivalente. (mm/dia)
- S - parcela da energia radiante na superfície da água  
(cal/cm<sup>2</sup>)
- t - é o tempo requerido para estimar a evaporação pela  
equação tipo seno (horas)
- Ta - temperatura média do ar (°C)
- TB - tempo em que começa a evaporação (horas)



- TE - tempo em que finda a evaporação. (horas)
- TS - evaporação estimada pela equação tipo seno (mm/hora)
- Ts - temperatura da superfície da água. (°C)
- u<sub>2</sub> - velocidade do vento a dois metros de altura. (m/s)
- $\beta$  - é a relação de Bowen, igual a K/E
- $\gamma$  - é a constante da equação higrométrica do bulbo seco e úmido. É igual a 0,27 para temperatura em graus Fahrenheit e a pressão do vapor d'água em mm. de Hg ou igual a 0,5 para temperatura em graus Celsius e a pressão do vapor d'água em mm de Hg
- $\mu$  - fração de R<sub>c</sub> usada na fotossíntese
- $\rho$  - constante de Boltzmann - Stefan, igual a  $2,01 \times 10^{-9}$  mm de H<sub>2</sub>O.dia<sup>-1</sup>.°K<sup>-4</sup> ou  $1,18 \times 10^{-7}$  cal/cm<sup>2</sup>.dia.°K<sup>-4</sup>
- $\phi$  - é a relação entre (es - ea) e (es - ed)
- $\Delta$  - é a tangente trigonométrica da curva das tensões má\_ximas do vapor d'água na temperatura considerada ( mm de Hg/°C)

## SUMÁRIO

I.	INTRODUÇÃO.....	1
II.	REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1.	O fenômeno da Evaporação.....	4
2.2.	Principais Fatores que Afetam a Evaporação.....	4
2.2.1.	Temperatura .....	4
2.2.2.	Vento.....	5
2.2.3.	Pressão Atmosférica .....	6
2.2.4.	Salinidade da Água.....	6
2.3.	O Método de Penman para a Estimativa de Evaporação....	6
2.3.1.	Transferência de Massa .....	7
2.3.2.	Balanco de Energia .....	8
2.3.3.	Combinação da Equação Convectiva com a Equação do Balanco de Energia .....	11
2.4.	Distribuição da Evaporação pela Equação Tipo Seno ....	13
2.5.	Tipos de Evaporímetros.....	14
III.	MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1.	Material.....	18
3.1.1.	Evaporímetros.....	18
3.1.2.	Termômetro.....	21
3.1.3.	Piranômetro.....	21
3.1.4.	Anemômetro.....	21
3.2.	Métodos.....	21
3.2.1.	Obtenção dos Dados.....	21
3.2.1.1.	Evaporação dos Evaporímetros .....	22
3.2.1.2.	Temperatura .....	23
3.2.1.3.	Insolação .....	23
3.2.1.4.	Umidade Relativa .....	24
3.2.1.5.	Velocidade do Vento .....	24
3.2.2.	Emprego dos Dados .....	24
3.2.2.1.	Estimativa da Evaporação pelo Método de Penman.....	24
3.2.2.2.	Distribuição da Evaporação pela Equação tipo Seno.....	29
3.2.2.3.	Evaporação Média Mensal. Comparação dos Resultados Fornecidos Pela Equação de Penman e Pelo Evaporímetro em U ao Sol. Comparação dos Resultados Obtidos Pelos Evaporímetros em U e Vertical ambos à sombra.....	29

3.2.2.4. Evaporação Diária. Comparação dos Resultados Fornecidos Pela Equação de Penman e Pelo Evaporímetro em U ao Sol. Comparação dos Resultados Fornecidos Pelo Evaporímetro em U e Vertical, Ambos à Sombra.....	30
3.2.2.5. Comparações Entre os Valores Horários de Evaporação Obtidos pela Evaporímetro em U sol e os Estimados pela Equação de Penman modificada.....	36
3.2.2.6. Comparações Entre os Valores Horários de Evaporação Estimado pela Equação de Penman e os Distribuídos pela Equação tipo Seno...	36
3.2.2.7. Comparações Entre os Valores Horários de Evaporação Obtidos pelos Evaporímetros em U e Vertical Instalados à sombra.....	39
IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	60
4.1. Comparações Médios Mensais .....	61
4.1.1. Equação de Penman X Evaporímetro em U sol.....	61
4.1.2. Evaporímetro em U X Evaporímetro Vertical Ambos Instalações à sombra.....	62
4.2. Comparações Diárias .....	65
4.2.1. Equação de Penman X Evaporímetro em U sol.....	65
4.2.2. Evaporímetro em U X Evaporímetro Vertical.....	66
4.3. Comparações Horários .....	68
4.3.1. Evaporímetro em U X Evaporímetro Vertical Ambos Instalados à Sombra.....	68
4.3.2. Evaporímetro em U sol X Equação de Penman Modificada para Valores Horários.....	68
4.3.3. Equação de Penman X Equação Tipo Seno.....	69
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	71
5.1. Conclusões.....	71
5.2. Recomendações.....	72
BIBLIOGRAFIA .....	74
A PÊNDICE.....	76

## I. INTRODUÇÃO

Três tipos de superfície são importantes na caracterização do retorno da água de chuva para a atmosfera: vegetação, solo e a superfície da lâmina líquida de água. Através desta última é que o fenômeno da evaporação se processa diretamente sendo de grande importância na planificação dos recursos hídricos.

A perda da água por evaporação constitui uma fase importante do ciclo hidrológico e o conhecimento do seu valor efetivo é de grande valia para muitos estudos tais como a agricultura e reservatórios de acumulação, principalmente em regiões áridas e semi-áridas.

O processo mais comum para estimar a evaporação potencial é o de aplicar um coeficiente adequado para a evaporação medida em um tanque. O conhecido tanque Classe A idealizado pela U.S. Weather Bureau of U.S.A. em 1950 por ocasião dos estudos no lago Hefner, Oklahoma, obteve um coeficiente de 0,7 ao comparar a evaporação ocorrida no tanque versus evaporação observada no lago (M.A. KOHLER e L.M. PARMELE [1]).

No tanque enterrado com diâmetro nunca inferior a 3,60 metros a evaporação é admitida como sendo mais próxima a de um lago, segundo SLEIGHT [2].

Além destes evaporímetros, podem ser citados como os mais utilizados os tanques Colorado Flutuante e o CGI-3000.

A verdade é que as técnicas para a estimativa da evaporação potencial a nível diário estão ainda em plena evolução. Muitos trabalhos têm sido publicados no sentido de encontrar uma solução mais precisa na determinação da evaporação, como é o ca

so dos diversos tipos de tanques cercados ou cobertos por uma telha para evitar que as medições sejam afetadas pela interferência de pássaros e animais.

Entre as inúmeras fórmulas empíricas para estimar a evaporação diária das superfícies líquidas destaca-se a de Penman como a mais usada, sendo recomendada pela O.M.M. [13].

Por outro lado, pouca contribuição tem-se dado a construção de aparelhos e desenvolvimento de fórmulas teóricas com o objetivo de medir as taxas instantâneas de evaporação que é de fundamental importância nos modelos de simulação e outras técnicas hidrológicas. Neste sentido, destaca-se a equação tipo se no desenvolvida por VAN BAVEL [3] a qual distribui empiricamente a evaporação diária ao longo do dia em função da latitude e longitude do local.

O alto custo de instalação e manutenção de tanques evaporimétricos dificultam a obtenção de dados de evaporação potencial nos vários postos de medição meteorológica das bacias hidrográficas. Processos de medição mais baratos poderiam suprir tais dificuldades aumentando o número de informações sobre este fenômeno e possibilitando melhor planificação dos recursos hídricos.

Os professores CIRUS MACEDO HACKENBERG e PAULO CANEDO DE MAGALHÃES desenvolveram, nos Laboratórios de Termofluidodinâmica e de Recursos Hídricos da COPPE/U.F.R.J., dois tipos de evaporímetros suficientemente sensíveis, capazes de medir taxas instantâneas de evaporação, além de possuírem duas grandes vantagens que são baixo custo e fácil manuseio. Estes aparelhos estão sendo utilizados também sob exposição solar com o objetivo de determinar o nível de insolação em função da taxa de evaporação.

O presente trabalho teve o objetivo de analisar os valores de evaporação medidos nos evaporímetros COPPE e testar a equação de Penman modificada para obtenção de valores horários de evaporação.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. O Fenômeno da Evaporação

A passagem do estado líquido para o gasoso ocorre quando algumas moléculas na massa d'água atingem bastante energia cinética para saírem da superfície da água. Somente as moléculas que adquirem energia cinética maior que a média do líquido escapam pela superfície de separação do meio líquido-gasoso.

O aumento de moléculas de água no meio gasoso faz aumentar a pressão do vapor e por conseguinte aumenta a taxa de retorno de água ao meio líquido. Quando o número de moléculas que escapam é igual ao número das que retornam à água tem-se, então, um ponto de equilíbrio caracterizado pela saturação do meio gasoso junto à superfície líquida e a evaporação é nula.

(VAN TE CHOW [4] ).

### 2.2. Principais Fatores que Afetam a Evaporação

#### 2.2.1. Temperatura

O aumento da temperatura tem influência direta na evaporação porque aumenta o valor da pressão de saturação do vapor de água permitindo que maiores quantidades de vapor de água possam estar presentes no mesmo volume de ar para atingir o estado de saturação. A tabela (II.1) mostra que, para cada elevação de temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  a pressão de saturação torna-se aproximadamente o dobro.

TABELA II.1. Pressão de Saturação do Vapor D'água

TEMPERATURA ° ( C )	PRESSÃO DO VAPOR SATURANTE ATMOSFERA
0	0,0062
5	0,0089
10	0,0125
15	0,0174
20	0,0238
25	0,0322
30	0,0431
35	0,0572
40	0,0750

## 2.2.2. Vento

O vento atua retirando próximo da superfície líquida o ar com pressão de vapor próximo à pressão de vapor saturante. O decréscimo da pressão de vapor junto a superfície possibilita um aumento da taxa de evaporação.

Nos evaporímetros um pequeno aumento no vento pode ser suficiente para remover o vapor d'água tão rápido quanto ele surge.

W.J. LOW e J.P. KRUGER [5] encontraram um valor médio de 0,34 para o coeficiente de correlação simples entre a evaporação obtida em um tanque Classe "A" e o vento em vinte estações



meteorológicas. Enquanto que, com relação à temperatura máxima, umidade relativa e número de horas com sol, os resultados encontrados foram: 0,63; -0,70; e 0,60 respectivamente. No entanto, o coeficiente de correlação parcial com a temperatura máxima, umidade relativa e número de horas com sol diminuiu para 0,43; -0,41 e 0,42 enquanto que com o vento aumentou, em cerca de 60%, para 0,54 o que mostra a importância do vento na evaporação em combinação com outros fatores intervenientes.

### 2.2.3. Pressão Atmosférica

A influência deste parâmetro é, em geral, pequena e é desprezada pela ação de outros fatores como o aumento da insolação e transparência da atmosfera com a altura. Entretanto, admite-se que a evaporação aumenta quando a pressão barométrica de cresce.

### 2.2.4. Salinidade da Água

A cada aumento de 1% na concentração do sal na água, admite-se que a evaporação diminui também 1%.

Em igualdade de condições a água do mar tenderia a uma taxa de evaporação inferior a 2 ou 3% da água doce. (G. REMENIERAS [6]).

### 2.3. O Método de Penman Para a Estimativa de Evaporação

Segundo SWAMI e MATTOS [7] quem primeiro desenvolveu uma fórmula empírica para estimar a taxa de evaporação foi Dalton, anunciando sua lei em 1802. A lei de Dalton diz que, se todos

os demais fatores intervenientes no fenômeno permanecerem invariáveis, a velocidade ou taxa de evaporação de uma superfície de água é proporcional ao deficit da pressão de vapor (diferença entre a pressão de saturação do vapor à temperatura da água e a pressão de vapor d'água no ar).

A lei de Dalton serviu como base para muitas outras equações. Será comentada apenas a equação de Penman por ter sido recomendada pela O.M.M., sendo amplamente utilizada em quase todos os países com excelentes resultados [13] e por ter sido utilizada neste trabalho.

Em 1948, Penman combinou a transferência de massa e o balanço de energia em uma única equação. O principal objetivo desta combinação foi eliminar o termo correspondente à temperatura da superfície d'água existente tanto na transferência de massa como no balanço de energia incluído a perda de evaporação causada pelo calor sensível da água. A razão para tal eliminação está na dificuldade de medi-la.

A combinação de Penman apresenta a vantagem de que somente dados climatológicos padrões juntamente com coeficientes empíricos são usados na sua equação.

### 2.3.1. Transferência de Massa

A equação empírica proposta por Dalton e usada por muito tempo é a seguinte:

$$E_t = (e_s - e_d) f(u) \quad (II-1)$$

Onde " $E_t$ " é a evaporação por unidade de tempo; " $e_s$ " é a pressão de vapor na superfície evaporante; " $e_d$ " é a pressão de vapor acima da atmosfera e " $f(u)$ " é uma função da velocidade ho

rizontal do vento.

### 2.3.2. Balanço de Energia

A expressão da energia radiante  $H$ , foi obtida levando-se em consideração pequenas oscilações na radiação provenientes do sol e céu e mudanças longas de oscilações entre a terra e o céu. Penman [8] usou a expressão de Brunt para estimar a energia radiante ( $H$ ).

$$H = R_c (1-r-\mu) - \sigma T_a^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{e_d}) (1-0,09m) \quad (\text{II-2})$$

Onde " $R_c$ " é a medida de pequenas oscilações da radiação do sol e céu; geralmente medido em evaporação equivalente em mm/dia; " $r$ " é o coeficiente de reflexão da radiação na superfície (albedo);  $\sigma$  é a constante de Boltzmann - Stefan ( $2,01 \times 10^{-9}$  milímetros de  $H_2O$ . dia $^{-1}$  . $^{\circ}K^{-4}$  ou  $1,18 \times 10^{-7}$  cal/cm $^2$ . dia. $^{\circ}K^4$ ).  $\mu$  é a fração de  $R_c$  usada na fotossíntese; " $e_d$ " é a pressão do vapor d'água do ar em mm de Hg;  $\frac{m}{10}$ , é a fração do céu coberta por núvens.

Usando convenientemente os símbolos de Cumnings e Richardson (1927) tem-se que:

$$H = E + K + S + C \quad (\text{II-3})$$

Onde " $E$ " é a parcela da energia radiante transformada em evaporação; " $K$ ", " $S$ " e " $C$ " são as parcelas de  $H$  correspondentes à transferência convectiva do ar, na superfície da água e próximo à superfície, respectivamente. Entretanto, o calor armazena

do em S e em C é desprezado quando comparado com os valores de E e K, daí:

$$H = E + K \quad (II-4)$$

O transporte de vapor é função de (es-ed) e o transporte de calor é função de (Ts-Ta).

Onde "es" é a pressão de saturação de vapor d'água; Ts, é a temperatura da superfície d'água; "Ta", é a temperatura do ar.

Com uma boa aproximação obtem-se a seguinte relação para K/E.

$$K/E = \beta = \gamma (Ts-Ta) (es-ed) \quad (II-5)$$

Onde  $\beta$  é a relação de Bowen;  $\gamma$ , é a constante da equação higrométrica do bulbo seco e úmido ( $\gamma$  é igual a 0,27 para T em °F e e em mm. de Hg ou  $\gamma$  é igual a 0,5 para T em °C e e em mm. de Hg)

Dividindo a equação (II-4) por E, vem que:

$$H/E = 1 + K/E \text{ mas } K/E = \beta, \text{ logo } H = E(1 + \beta) \text{ ou } E = H/(1 + \beta)$$

$$(II-6)$$

Dos termos à direita da equação (II-2), o termo correspondente a radiação raramente podia ser medido diretamente, entretanto para períodos de 30 dias ou mais poderia ser estimado através da duração de horas com sol. Angot colocou em forma de

tabelas a estimativa da radiação total para o caso da atmosfera completamente transparente e foi verificado que a correlação entre  $\frac{R_c}{R_A}$  e  $\frac{n}{N}$  possuía a seguinte forma:

$$\frac{R_c}{R_A} = a + bn/N \quad (\text{eq II-7})$$

Onde  $R_A$  é o valor de  $R_c$  encontrado por Angot para uma atmosfera completamente transparente;  $\frac{n}{N}$ , é a relação entre o número de horas com sol e o número de horas possíveis de existir sol.

Do trabalho de Penman, infere-se que para Virginia, U. S.A., Kimball (1914) encontrou para  $a$  um valor igual a 0,22 e para  $b$  um valor de 0,54; para Camberra, Austrália, Prescott (1940) encontrou para  $a$  0,22 e para  $b$  0,54. Em Rothamstê, para um período de 1931 - 1940 obteve-se para  $a$  0,18 e para  $b$  0,55. Foram usadas as duas últimas constantes e então a equação (II-7) pôde ser escrita da seguinte forma:

$$R_c = R_A(0,18 + 0,55 n/N) \quad (\text{II-8})$$

Fazendo  $m/10 = 1 - n/N$  e desprezando o valor de  $\mu$  por ser muito pequeno (em torno de 0,0005) a equação (II-2) reduz-se para:

$$H = E(1+B) = (1 - r) R_A(0,18 + 0,55 n/N) - \sqrt{T_a^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{ed})} \\ (0,10 + 0,90 n/N) \quad (\text{II-9})$$

Onde  $R_A(0,18 + 0,55 n/N)$  pode ser substituído quando  $R_c$  for conhecido.

A equação (II-9) não será utilizada neste trabalho porque os valores de H foram medidos no piranômetro do tipo Eppley.

### 2.3.3. Combinação da Equação Convectiva com a Equação do Balanço de Energia

Por analogia com a equação (II-1) pôde-se chegar à seguinte equação para a estimativa do poder evaporante do ar,  $E_a$ :

$$E_a = (e_a - e_d) f(u) \quad (II-10)$$

Onde  $e_a$ , é a pressão de vapor à temperatura média do ar.

Dividindo-se a equação (II-10) pela equação (II-1) vem que:

$$E_a/E = 1 - (e_s - e_a) / (e_s - e_d) = 1 - \phi \quad (II-11)$$

Da equação (II-5) e equação (II-6) tem-se:

$$E = H/(1 + \beta) = H / [1 + \gamma (T_s - T_a) / (e_s - e_d)] \quad (II-12)$$

Fazendo  $T_s - T_a = (e_s - e_a) / \Delta$  onde  $\Delta$  é a declividade de  $e$  e substituindo na equação (II-12), obtem-se a seguinte expressão para E:

$$E = H/(1 + \beta) = H/[1 + \gamma (e_s - e_a) / \Delta (e_s - e_d)], \quad \text{donde}$$

$$H/E = 1 + \gamma (e_s - e_a) / \Delta (e_s - e_d) \quad \text{ou}$$

$$H/E = 1 + \frac{\gamma}{\Delta} [(es - ea) / (es - ed)] \quad (II-13)$$

Através da equação (II-11) tem-se que  $\phi = (es - ea) / (es - ed)$ , substituindo o valor de  $\phi$  na equação (II-13), vem que:

$$H/E = 1 + \gamma (es - ea) / \Delta (es - ed) = 1 + \gamma \phi / \Delta \quad (II-14)$$

Da equação (II-11) e equação (II-14), vem que:

$$E = (H \Delta + Ea \gamma) / (\Delta + \gamma) \quad (II-15)$$

$$es = (ea - \phi ed) / (1 - \phi) \quad (II-16)$$

A equação (II-15) é a conhecida equação de Penman que pode ser escrita da seguinte forma:

$$E_p = \frac{\Delta / \gamma \cdot H/59 + Ea}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \quad (II - 17)$$

Onde 59 significa o número de calorías por  $\text{cm}^2$  para evaporar 1 milímetro de água;  $E_p$  é a evaporação em uma superfície d'água em mm/dia;  $\Delta$  é a inclinação ou tangente trigonométrica da curva das tensões máximas de vapor d'água na temperatura considerada, em mm. de Hg/ $^{\circ}\text{C}$ ;  $\gamma$  é a constante psicrométrica ( 0,5 mm de Hg/ $^{\circ}\text{C}$ ;  $H$ , é a energia líquida total radiante em mm/dia e  $E_a$ , é o poder evaporante do ar em mm/dia.

O valor de  $E_a$  foi obtido por Penman obedecendo a lei de Dalton. Segundo a lei de Dalton,  $E_a = f(u) (es - ed)$  ou  $E_a / (es - ed) = f(u)$ .

Penman obteve para  $f(u)$  a seguinte expressão:

$f(u) = a + bu^2$ , onde os parâmetros  $a$  e  $b$  foram obtidos por regressão linear com os valores de  $E_a/(e_s - e_d)$  no eixo das ordenadas e os valores da velocidade do vento a 2 metros da superfície da lâmina líquida ( $u_2$ ) no eixo das abcisas. Os valores de  $E_a$  foram obtidos através de medidas em um tanque enterrado com 2,5 pés de diâmetro, instalado à sombra e o poder evaporante do ar pôde ser estimado pela seguinte fórmula:

$$E_a = 0,35(0,5 + 0,54 u_2) (e_s - e_d) \quad (II-18)$$

#### 2.4. Distribuição da Evaporação pela Equação Tipo Seno

Em razão da dificuldade de obtenção de dados instantâneos de evaporação de fundamental importância para modelos hidrológicos, VAN BAVEL [3] desenvolveu uma equação que utiliza a curva teórica tipo seno para distribuição da evaporação diária considerando a ocorrência de evaporação entre 30 minutos após o nascer-do-sol e uma hora após o por-do-sol com a taxa máxima, o correndo a  $3/4$  deste período.

A equação tipo seno é assim definida:

$$TS = E_1 [\text{sen}(0,2618(t - T_H + 6)) - E_2 t - E_3] \quad (II-19)$$

$$T_H = 0,75 (T_E - T_B) + T_B \quad (II-20)$$

$$E_1 = \frac{\text{Evaporação diária}}{3,82 (\cos A - \cos B) + 0,5 E_2 (T_B - T_E) (T_B + T_E) + E_3 (T_B - T_E)}$$

$$(II-21)$$



$$E_2 = \frac{\text{sen}B - \text{sen}A}{TE - TB} \quad (\text{II-22})$$

$$E_3 = \frac{TE \text{ sen}A - TB \text{ sen}B}{TE - TB} \quad (\text{II-23})$$

$$A = 0,2618(TB - TH + 6) \quad (\text{II-24})$$

$$B = 0,2618(TE - TH + 6) \quad (\text{II-25})$$

Onde  $TS$ , é a evaporação instantânea;  $E_1, E_2, E_3$ ,  $TH$ ,  $A$  e  $B$  são parâmetros da curva;  $t$  é o tempo requerido para a determinação da evaporação em horas;  $TB$  é o tempo em que começa a evaporação, isto é, trinta minutos após o nascer-do-sol, em horas;  $TE$ , é o tempo em que finda a evaporação, isto é, uma hora após o por-do-sol, em horas.

A equação tipo seno foi aplicada nos E.U.A. por CLABORN e MOORE [11] que concluíram sua validade para dias claros. Além disto, experiências passadas na COPPE/UFRJ realizadas pela Eng<sup>a</sup> Cíntia Vieira Ricão, ajustando a senoide para a obtenção de valôres instantâneos de insolação e comparando-a com a curva de insolação medida no piranômetro apresentaram resultados satisfatórios, com exceção de dias com grande nebulosidade.

## 2.5. Tipos de Evaporímetros

A literatura especializada faz referência a uma grande quantidade de evaporímetros mas, apenas o Piche e o Livingstone serão comentados por terem características semelhantes aos de senvolvidos na COPPE.

O evaporímetro Piche, (ver figura II-1), consta de um tubo cilíndrico de vidro de 25 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro. É fechado na sua parte superior próxima a qual existe uma graduação. Na parte inferior é curvado em forma de U e com a abertura obturada por uma folha de papel-filtro, de 3 cm. de diâmetro e 0,5 mm. de espessura, sendo mantido na sua posição por uma mola. Similarmente, este aparelho, em geral é apresentado sem a curvatura na parte inferior.

O aparelho é inicialmente enchido de água destilada e a evaporação se processa pela folha de papel. A variação do nível de água no tubo com o tempo permite calcular a intensidade de evaporação.

O evaporímetro de Piche é instalado em um abrigo para proteger o papel-filtro da ação da chuva. O processo da evaporação está ligado essencialmente ao deficit higrométrico do ar e o aparelho não leva em conta suficientemente a influência da insolação

A relação entre as evaporações anuais fornecidas pelos diversos tipos de tanque e as do Piche estão compreendidas entre 0,45 e 0,65.

O atmômetro de esfera porosa tipo Livingstone, (ver figura II-2) é constituído de uma esfera oca de porcelana porosa com diâmetro de 5 cm. e espessura de 1 cm., cheia de água destilada alimentada por um depósito do mesmo líquido. A medida do volume evaporado é então determinada através do recipiente graduado. Um dos maiores problemas dos atmômetros é manter a superfície evaporante limpa. A superfície coberta de sujeira afeta significativamente a taxa de evaporação.

Como o evaporímetro Piche, os atmômetros de Livingstone são instalados em abrigos e conseqüentemente não fornecem resultados confiáveis de evaporação, pois a radiação solar é o fator mais importante no processo da evaporação.

Comparações feitas no observatório de Klartoum (Sudão) entre a evaporação de um tanque com 12 pés de diâmetro e 4 pés de profundidade, o tanque Classe "A", o evaporímetro Piche e a equação de Penman, segundo GANGOPADHYAYA et alli [10], demonstraram que a relação entre o tanque de 12 pés e o Classe "A" a nível mensal de evaporação no ano de 1960 variou de 0,60 (fevereiro) até 0,69 (setembro), com um valor médio anual de 0,64, enquanto a relação tanque de 12 pés/Piche variou de 0,43 (fevereiro) até 0,61 (setembro), com um valor médio anual de 0,51. Ou seja, na primeira comparação a maior diferença com relação à média foi de 7,8% enquanto na segunda foi de 19,6%.

Nos Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai [12] foram medidos valores diários de evaporação em um evaporímetro Piche e em um tanque Classe "A" de 1970 a 1972 no local denominado Fazenda São João. No estudo comparativo destes aparelhos consideraram apenas totais acumulados mensais. A análise dos resultados mostrou que no período úmido (outubro a abril) a evaporação Piche é baixa (50%) quando comparada com a do tanque, já no período seco (de maio a setembro) os dois aparelhos concordam e por vezes a evaporação Piche é mais alta do que a do tanque. Segundo o Relatório, de outubro a abril é alta a radiação solar evidenciando que o tanque Classe "A" depende deste fenômeno enquanto que no Piche independe, apesar de poder influir indiretamente através da temperatura do ar.

De acordo com informações obtidas no Departamento Naci

onal de Meteorologia não existe uma padronização, por parte dos fabricantes do evaporímetro Piche, quanto a espessura do tubo e tipo de papel-filtro, além de apresentarem alguns inconvenientes ligados a operação do aparelho

Segundo a O.M.M. [13] o evaporímetro Piche fornece valores de evaporação que devem ser considerados apenas como uma aproximação.

Figura II-1 Evaporímetro Piche

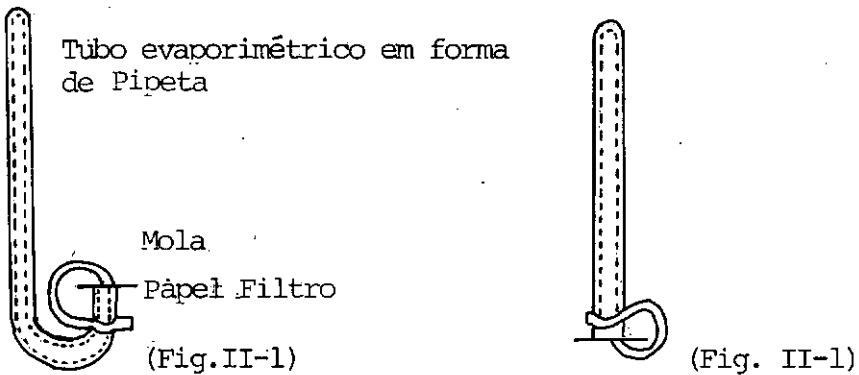
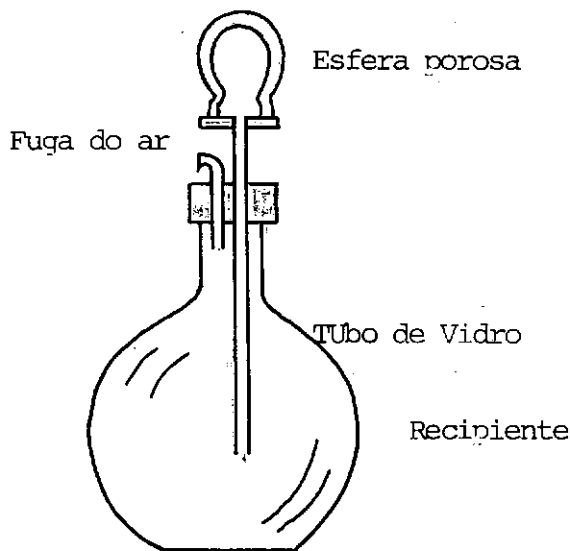


Figura II-2 Atmômetro de Livingstone



## CAPITULO III - MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1. Material

Os evaporímetros idealizados e construídos na COPPE pelos professores CIRUS MACEDO HACKENBERG e PAULO CANEDO DE MAGALHÃES, foram instalados na Estação Solarimétrica do Laboratório de Termofluidodinâmica da COPPE/U.F.R.J. na cidade do Rio de Janeiro e inicialmente testados pela Eng<sup>a</sup> Cintia Vieira Ricão. As figuras III-1; III-2; III-3; mostram os evaporímetros instalados na citada Estação.

Foram coletados dados de evaporação, temperatura, radiação líquida e velocidade do vento em um período de seis meses (abril de 1981 até setembro de 1981). Todas as leituras foram realizadas em intervalos horários a partir das 9:00 horas até as 16:00 horas.

## 3.1.1 Evaporímetros

Os dados de evaporação foram obtidos por dois evaporímetros em forma de U, sendo um exposto ao sol e outro à sombra, além de um evaporímetro em forma vertical à sombra cujas características são as seguintes:

Evaporímetro em "U" - Consta de um tubo cilíndrico de vidro com 32 cm. de comprimento e 5,5 mm. de diâmetro (fig. III-4). Na parte inferior é curvado em forma de U e possuindo nesta extremidade de 26 mm. de seção transversal, obturado por uma pedra porosa com as seguintes características: diâmetro 26 mm., espessura 2 mm., fixada e mantida em sua posição por meio de silicone. O apa

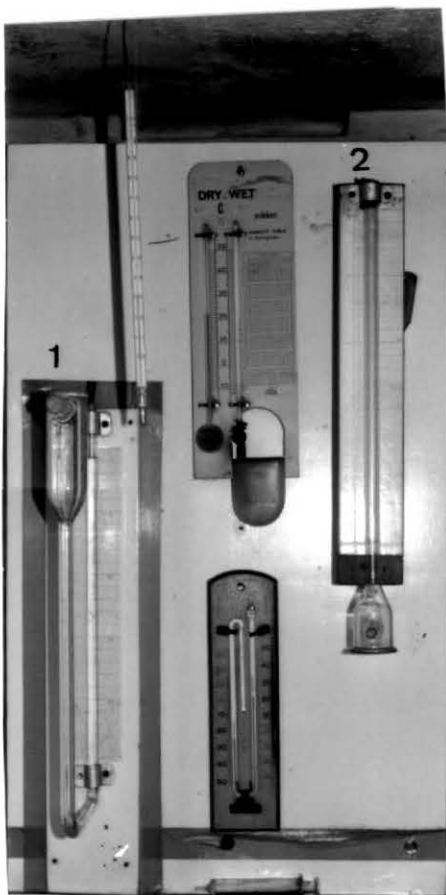


Figura III-1: Evaporímetros instalados no abrigo: 1-em U e em 2 - vertical.

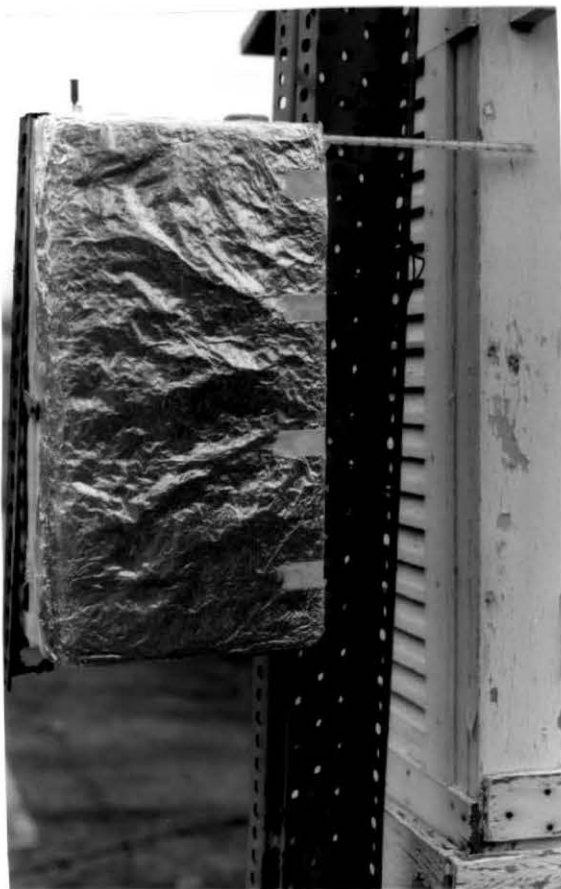


Figura III-2: Evaporímetro em U exposto ao sol, com a caixa de proteção fechada.



Figura III-3: Evaporímetro em U exposto ao sol ilustrando a sua disposição.

relho é enchido de água destilada pela parte superior com o auxílio de seringas.

A evaporação se processa pela pedra porosa e a variação no tempo do nível da água no tubo multiplicado pelo fator de correção (relação de áreas entre as duas seções do tubo) permite a leitura do valor da evaporação em milímetro por hora com boa precisão.

Vale ressaltar que, ao contrário do tubo Piche, este aparelho alimenta a superfície porosa através de forças capilares que forçam pressões negativas no interior do tubo.

Evaporímetro Vertical - Constituído de um tubo cilíndrico de vidro de 37 cm. de comprimento e 9,00 mm. de diâmetro (fig III-5). Na extremidade inferior a seção transversal é de 26 mm., obturada por um tecido poroso com as seguintes características: diâmetro 30 mm., espessura 0,1 mm, fixada por meio de silicone. O aparelho é enchido de água destilada pela parte superior com o auxílio de seringas. A evaporação se processa pela pedra porosa e a variação no tempo do nível d'água no tubo multiplicado pelo fator de correção (relação de áreas entre as duas seções do tubo) permite a leitura do valor evaporado em mm/hora com razoável precisão.

Figura III-4 — Evaporímetro em "U"

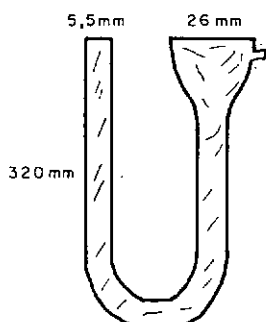
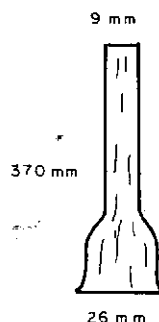


Figura III-5 — Evaporímetro Vertical



### 3.1.2. Termômetro

Foram empregados dois termômetros de coluna de mercúrio especiais para registro das temperaturas máximas e mínimas, um termômetro de bulbo seco e outro úmido de marca Incotherm, graduado de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.3. Piranômetro

Os dados de insolação incidente  $H(t)$ , foram medidos na estação solarimétrica através de um piranômetro marca Eppley Radiometer modelo 8:48, sendo seu valor registrado por um registrador da Instrumentos Elétricos Engro S.A., modelo 800.

### 3.1.4. Anemômetro

Os dados de velocidade do vento foram medidos por um anemômetro do Bantecs da estação solarimétrica tipo Vetus, provido de rotor de três conchas e graduado de 0 a 25 m/seg. O anemômetro está instalado a dois metros de altura dos evaporímetros, destinados a obtenção de dados para a estimativa da evaporação pela equação de Penman.

## 3.2. Métodos

Neste item são abordados os procedimentos adotados para obtenção e emprego dos dados.

### 3.2.1. Obtenção dos dados

Foram obtidos os seguintes dados para a realização deste estudo.



## 3.2.1.1. Evaporação dos evaporímetros

As nove horas todos os evaporímetros eram "zerados" ou seja, eram encheidos até o zero da graduação da escala e as leituras realizadas em intervalos horários, até às 16 horas, inclusive. Os valores lidos foram transportados diretamente para as fichas de registro. Obteve-se a evaporação horária pela diferença entre duas leituras sucessivas multiplicado pelo fator de correção de cada evaporímetro (ver quadro 3-1, do apêndice).

O fator de correção,  $K_u$ , para o evaporímetro em U foi determinado pela relação entre a área da seção transversal do tubo graduado,  $A_{U_I}$ , e a área da seção transversal da superfície evaporante,  $A_{U_{II}}$ .

$$A_{U_I} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 5,5^2}{4} = 23,746 \text{ mm}^2 \quad (\text{III-1})$$

$$A_{U_{II}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 26^2}{4} = 530,66 \text{ mm}^2 \quad (\text{III-2})$$

$$K_U = \frac{A_{U_I}}{A_{U_{II}}} = \frac{23,746}{530,66} = 0,0447 \therefore K_U = 0,0447 \quad (\text{III-2})$$

Da mesma forma determinou-se o fator de correção,  $K_v$ , para o evaporímetro vertical, ou seja:

$$A_{V_I} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 9^2}{4} = 63,585 \text{ mm}^2 \quad (\text{III-4})$$

$$A_{V_{II}} = \frac{\tilde{D}^2}{4} = \frac{3,14 \times 26^2}{4} = 530,66 \text{ mm}^2 \quad (\text{III-5})$$

$$K_V = \frac{A_{V_I}}{A_{V_{II}}} = \frac{63,585}{530,66} = 0,1198 \quad \therefore K_V = 0,1198 \quad (\text{III-6})$$

A evaporação não foi computada nos sábados, domingos, feriados e dias com chuva. Da mesma forma não foram realizadas leituras por ocasião de limpezas nos filtros dos evaporímetros.

#### 3.2.1.2. Temperatura

O Quadro 3-1 do apêndice mostra os valores de temperatura em °C obtidos nos termômetros de bulbo seco (B.S.) e Úmido (B.U.) a partir das 9 horas até as 16 horas. A temperatura horária foi determinada por simples média aritmética.

#### 3.2.1.3. Insolação

A insolação incidente diária e para o período de 9 às 16 horas foi obtida com o auxílio de planímetro, integrando toda a área limitada pela curva fornecida pelo registrador gráfico contendo no eixo das ordenadas a insolação em  $\text{cal/cm}^2 \text{ min.}$  e no eixo das abcissas o tempo de exposição em horas.

Para a determinação da insolação horária, tirou-se a média aritmética dos valores extremos de cada intervalo de hora obtendo-se o valor procurado em  $\text{cal/cm}^2$ . (ver Quadro 3-2)

#### 3.2.1.4. Umidade Relativa

Os valores da Umidade Relativa foram obtidos no gráfico psicrométrico, entrando-se com os valores da temperatura do bulbo seco e úmido em  $^{\circ}\text{C}$  (ver figura 3-1 do apêndice).

#### 3.2.1.5. Velocidade do Vento

O Quadro 3-1 do apêndice fornece os valores da velocidade do vento a dois metros de altura em m/seg. obtidos diretamente de leituras efetuadas no marcador integrado ao anemômetro. Para a obtenção de velocidades horárias calculou-se a média aritmética

#### 3.2.2. Emprego dos Dados

Os dados de evaporação obtidos com o evaporímetro em forma de U exposto ao sol foram empregados para comparações a nível mensal e diário com os estimados pela equação de Penman.

Os dados obtidos com os evaporímetros em forma de U e Vertical instalados à sombra foram comparados a nível mensal com os valores de evaporação estimados pela equação de Penman e comparados entre si, a nível mensal, diário e horário.

Os valores horários de evaporação estimados pela equação de Penman modificada, foram comparados com os obtidos no evaporímetro em U exposto ao sol.

Todos os dados auxiliares na estimativa da evaporação pela equação de Penman e tipo seno foram processados na calculadora CASIO Modelo FX-702 P, através de programas na linguagem Basic.

##### 3.2.2.1. Estimativa da Evaporação Pelo Método de Penman

Empregou-se a Equação de Penman para determinar a evaporação diária, para o período de 9 às 16 horas e para intervalos horários.

Conforme verificado no capítulo II a equação de Penman, para a estimativa da evaporação diária expressa em milímetros é dada pela seguinte fórmula:

$$E_p = \frac{\Delta/\gamma \cdot H/59 + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}$$

Onde:  $E_p$  é a evaporação em milímetro;  $\Delta$  é a tangente à curva de tensão de saturação do vapor d'água na temperatura considerada em mm de Hg/ $^{\circ}$ C;  $\gamma$  é a constante psicrométrica igual a 0,5 mm de Hg/ $^{\circ}$ C;  $H$  é a insolação incidente em mm.;  $E_a$  é o poder evaporante do ar em milímetros, calculado pela seguinte expressão:

$$E_a = 0,35 (0,5 + 0,54 u_2) (e_s - e_d)$$

Onde:  $u_2$  é a velocidade do vento em metros por segundo a dois metros de altura;  $e_d$  é a pressão do vapor d'água em mm de Hg, calculado pela seguinte fórmula:

$$e_d = e_s \cdot UR/100$$

$e_s$  ,  $e_s$ , é a pressão de saturação do vapor d'água;  $UR$  é a umidade relativa do ar em percentagem.

Os valores de  $H$  e  $U_2$  foram medidos na estação solarimétrica. Para obtenção da umidade relativa entrou-se no gráfico

psicrométrico (figura 3-1, apêndice) com os valores da temperatura do bulbo seco e úmido.

A relação  $\frac{\Delta}{\gamma}$  e  $e$  foram determinados diretamente das Tabelas 3-1 e 3-2 do apêndice entrando-se com os valores da temperatura ambiente em °C, admitiu-se  $T_a$  igual a  $T_s$ .

Os calculos para obtenção da evaporação aplicando a equação de Penman foram simplificados pelo fato de se dispor de valores de radiação incidente.

É importante ressaltar que para obter os parâmetros da reta para o cálculo do poder evaporante do ar ( $E_a$ ) Penman levou em consideração os valores diários de evaporação obtidos através de leituras em um tanque enterrado à sombra e portanto trata-se de uma equação regional. No entanto, havia a necessidade neste estudo de estimar a evaporação para o intervalo de 9 às 16 horas afim de comparar o método de Penman com os valores medidos nos evaporímetros. Como não houve condição de repetir a experiência de Penman para o período desejado, considerou-se que esta equação também seria válida para o estudo presente.

Outro fator importante a ser ressaltado é que para obter a equação de Penman para valores horários de evaporação era necessário modificar a equação do poder evaporante do ar. Experimentalmente esta modificação não poderia ser efetuada pois a cada intervalo de hora corresponderia uma equação para o poder evaporante do ar e os tanques não têm a sensibilidade suficiente dos evaporímetros para acusar uma evaporação horária. Dividiu-se então, os coeficientes da equação do poder evaporante do ar pelo número de horas do período estudado (sete horas) e a ex

pressão do  $E_a$  para valores horários pode ser determinada da seguinte forma:

$$E_a = 0,05 ( 0,5 + 0,54 u_2 ) \quad (\text{es-ed})$$

Portanto , a modificação na equação de Penman para a estimativa da evaporação horária foi apenas nos coeficientes da equação linear do poder evaporante do ar , pois todos os parâmetros climatológicos foram medidos ou determinados a nível horário.

Com o objetivo de verificar se esta modificação não distorcia os resultados , foi calculado o somatório dos valores horários de evaporação e comparado com os obtidos para o total do intervalo , ver quadro III - 1.

Só foi possível a aplicação da equação de Penman para a estimativa da evaporação horária nos meses de abril e maio porque o anemômetro apresentou defeito. Para o período de 9 às 16 horas a equação de Penman pôde ser aplicada para os outros quatro meses de dados considerando-se a velocidade média do vento como sendo de 2,0 m/seg obtidas através de medidas anteriores, efetuadas na estação solarimétrica.

**QUADRO III-1: COMPARAÇÃO ENTRE O SOMATÓRIO DOS VALORES HORÁRIOS DE EVAPORAÇÃO ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PENMAN MODIFICADA E OS ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PENMAN EM MM.**

**ABRIL/81**

DATA	02/04	03/04	07/04	08/04	10/04	14/04	15/04	22/04	23/04	24/04	27/04	28/04	29/04	30/04
$E_p$ (9 às 16 Hs)	2,22	6,31	6,71	6,72	3,59	6,35	5,58	4,64	5,73	5,91	5,84	3,64	4,11	2,63
$\Sigma E_{pm}$	1,76	6,70	6,72	7,07	4,18	6,06	4,87	5,37	5,79	6,26	5,81	2,99	4,32	2,64
$\frac{E_p}{\Sigma E_{pm}}$	1,26	0,94	1,00	0,95	0,86	1,05	1,16	0,86	0,99	0,94	1,01	1,22	0,95	1,00

**MAIO/81**

DATA	4/05	05/05	06/05	07/05	08/05	11/05	12/05	13/05	14/05	18/05	20/05	22/05	25/05	26/05	27/05	28/05
$E_p$	4,87	5,32	5,46	5,89	5,98	5,51	5,18	5,44	5,87	3,61	4,63	4,48	4,14	5,06	4,18	3,06
$\Sigma E_{pm}$	4,49	5,44	5,37	5,84	5,89	5,54	5,05	5,63	6,11	3,75	5,20	4,38	4,32	5,21	4,26	3,14
$\frac{E_p}{\Sigma E_{pm}}$	1,08	0,98	1,02	1,01	1,02	0,99	1,03	0,97	0,96	0,96	0,89	1,02	0,96	0,97	0,98	0,97

MÊS	MÉDIA $\frac{E_p}{\Sigma E_{pm}}$	MÍNIMO $\frac{E_p}{\Sigma E_{pm}}$	MÁXIMO $\frac{E_p}{\Sigma E_{pm}}$
ABRIL	1,01	0,86	1,26
MAIO	0,99	0,89	1,08
TOTAL	1,00	0,86	1,26

A análise do quadro III-I mostra que a relação entre  $E_p$  e  $E_{pm}$  foi muito próxima de um para todos os dias estudados e portanto a modificação feita na equação de Penman para estimar valores horários de evaporação pôde ser utilizada neste trabalho e seus resultados comparados com os valores horários de evaporação medidos no evaporímetro em forma de U exposto ao sol.

#### 3.2.2.2. Distribuição da Evaporação Pela Equação Tipo Seno

Em razão dos bons resultados apresentados pela equação senoidal conforme mencionado no capítulo II, decidiu-se empregá-la para distribuir a evaporação diária estimada pela equação de Penman em valores horários e comparar com os valores horários estimado pela equação de Penman modificada.

#### 3.2.2.3. Evaporação Média Mensal. Comparação dos Resultados Fornecidos Pela Equação de Penman e Pelo Evaporímetro U Sol, Comparação dos resultados obtidos Pelos Evaporímetros U e Vertical, Ambos à Sombra.

Com o resultado das leituras horárias realizadas nos evaporímetros, da temperatura do bulbo seco e úmido, da velocidade do vento e da insolação (quadro 3-1 e 3-2), pôde-se determinar as médias mensais de evaporação nos evaporímetros e equação de Penman. Estes valores encontram-se no quadro III-2



juntamente com as seguintes medidas estatísticas:

- a) Desvios, fatores de correção e correlação simples entre os valores de evaporação estimados pela equação de Penman e os obtidos pelos evaporímetros;
- b) Desvios, fatores de correção e correlação simples entre o evaporímetro em U à sombra e os evaporímetros em U exposto ao sol e Vertical.
- c) Desvios, fatores de correção e correlação simples entre o evaporímetro Vertical e o evaporímetro em U exposto ao sol.

Foram calculados também a amplitude amostral (quadro III-3) o desvio padrão e coeficiente de variação (quadro III-4) e a evaporação média mensal mínima e máxima (quadro III-5) para os três evaporímetros e para a equação de Penman.

As comparações entre os resultados obtidos com a equação de Penman e o evaporímetro em U ao sol são mostradas nas figuras III-6 e III-8.

As comparações entre os resultados obtidos com o evaporímetro em U à sombra e o evaporímetro vertical à sombra podem ser verificados nas figuras III-7 e III-8.

3.2.2.4. Evaporação Diária. Comparação dos Resultados Fornecidos Pela Equação de Penman e Pelo Evaporímetro U ao Sol. Comparação dos Resultados Fornecidos Pelo Evaporímetro U e Vertical Ambos à Sombra:

QUADRO III-2: Valores Médios Mensais de Evaporação Obtidos nos Evaporímetros e Equação de Penman.

EVAPORAÇÃO MÉDIA DO DIA (mm.)																												
MESES 1981	Ep (1)	EvU (2)	Ev V (3)	EvU SOL (4)	DESVIO ENTRE :												FATORES DE CONVERSÃO (f)						COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO					
					(1) e (4)		(1) e (3)		(1) e (2)		(2) e (4)		(2) e (3)		(3) e (4)		$f = \frac{(1)}{(4)}$	$f = \frac{(1)}{(3)}$	$f = \frac{(1)}{(2)}$	$f = \frac{(2)}{(4)}$	$f = \frac{(2)}{(3)}$	$f = \frac{(3)}{(4)}$	$\frac{(1)}{(4)}$	$\frac{(1)}{(3)}$	$\frac{(1)}{(2)}$	$\frac{(2)}{(3)}$	$\frac{(2)}{(4)}$	$\frac{(3)}{(4)}$
					(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%												
ABRIL	5,20	2,15	1,42	6,77	-1,57	30,19	3,78	72,69	3,05	58,65	-4,62	214,88	0,73	33,95	-5,35	376,76	0,77	3,66	2,42	0,32	1,51	0,21	0,92221	0,84439	0,79310	0,88163	0,88441	0,91864
MAIO	5,01	1,91	1,37	6,03	-1,02	20,36	3,64	72,65	3,1	61,88	-4,12	215,71	0,54	28,27	-4,66	340,15	0,83	3,66	2,62	0,32	1,39	0,23	0,85638	0,49846	0,75860	0,79043	0,79353	0,91644
JUNHO	4,58	1,69	1,41	5,23	-0,65	14,19	3,17	69,21	2,89	63,10	-3,54	209,47	0,28	16,57	-3,82	270,92	0,88	3,25	2,71	0,32	1,20	0,27	0,84110	0,69623	0,64948	0,96235	0,77576	0,79583
JULHO	4,80	1,92	1,91	5,82	-1,02	21,25	2,89	60,21	2,88	60,0	-3,90	203,13	0,01	0,62	-3,91	204,71	0,82	2,51	2,5	0,33	1,01	0,33	0,90317	0,58714	0,60475	0,81040	0,80764	0,70814
AGOSTO	4,98	2,01	1,86	5,74	-0,76	15,26	3,12	62,65	2,97	59,64	-3,73	185,57	0,15	7,46	-3,88	208,60	0,87	2,68	2,48	0,35	1,08	0,32	0,97087	0,87437	0,87821	0,99244	0,93635	0,93328
SETEMBRO	5,94	3,03	2,51	6,89	-0,95	15,99	3,43	57,74	2,91	48,99	-3,86	127,39	0,52	17,16	-4,38	174,50	0,86	2,37	1,96	0,44	1,21	0,36	0,92838	0,74371	0,66565	0,98362	0,82406	0,89089
MÉDIA	5,09	2,12	1,75	6,08	-0,99	19,45	3,34	65,62	2,97	58,35	-3,96	186,79	0,37	17,45	-4,33	247,43	0,837	2,908	2,401	0,347	1,233	0,287	0,90785	0,69281	0,70505	0,90988	0,80951	0,75866

\* \* \* - significativo ao nível de 5 %  
 \* \* - significativo ao nível de 1 %  
 \* - significativo ao nível de 0,5 %

QUADRO - III-3: AMPLITUDE AMOSTRAL

Ep	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
DATA MAX DO DIA	13/04 9,20	15/05 7,08	08/06 6,30	17/07 6,29	04/08 7,55	28/09 9,40
DATA MIN DO DIA	02/04 2,46	28/05 3,37	04/06 3,09	24/07 1,41	10/08 1,74	22/09 3,31
AMPLIT. AMOSTRAL	6,74	3,71	3,21	4,88	5,81	6,09

EV. USOL	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
DATA MAX DO DIA	27/04 9,13	14/05 7,51	08/06 7,11	16/07 7,97	04/08 8,77	28/09 10,73
DATA MIN. DO DIA	02/04 2,60	28/05 2,9	25/06 1,93	24/07 1,47	10/08 1,40	22/09 3,02
AMPLIT. AMOSTRAL	6,53	4,61	5,18	6,50	7,37	7,71

Ev. U	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
DATA MAX. DO DIA	13/04 3,18	15/05 2,69	08/06 3,72	21/07 3,68	04/08 3,23	29/08 7,15
DATA MIN DO DIA	02/04 0,65	28/05 1,01	25/06 0,71	09/07 0,33	10/08 0,53	03/09 1,24
AMPLIT. AMOSTRAL	2,53	1,68	3,01	3,32	2,70	5,91

Ev V	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
DATA MAX. DO DIA	13/04 2,04	14/05 1,86	08/06 2,60	21/07 3,24	04/08 3,12	29/09 5,58
DATA MIN. DO DIA	02/04 0,18	28/05 0,84	25/06 0,72	24/07 0,48	10/08 0,48	03/09 1,32
AMPLIT. AMOSTRAL	1,86	1,02	1,88	2,76	2,64	4,26

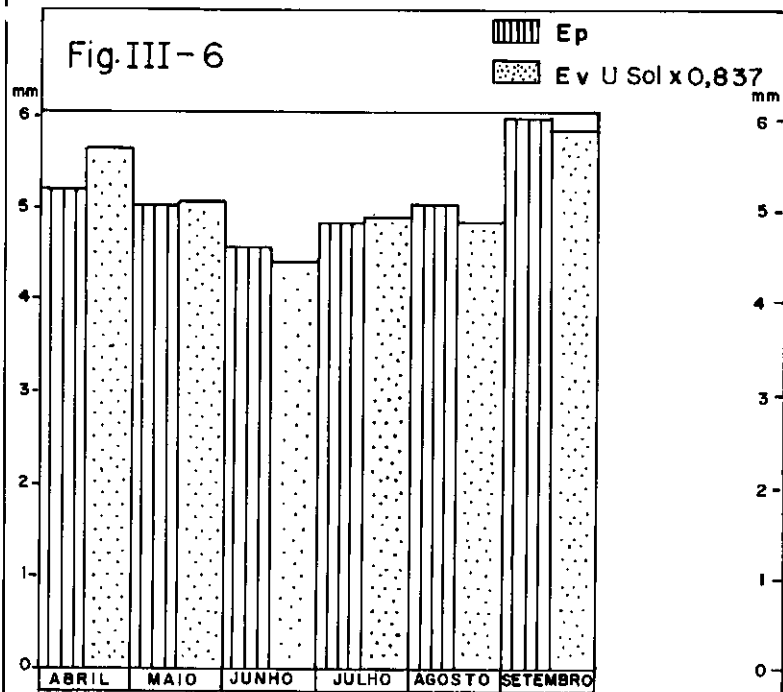
QUADRO III-4 : DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO .

DESVIO PADRÃO					COEF. DE VARIAÇÃO (%)			
MES	Ep	Ev USOL	Ev U	Ev V	Ep	Ev U	Ev V	Ev USOL
ABRIL	1,65	2,05	0,70	0,50	31,83	32,56	35,21	30,69
MAIO	0,90	1,17	0,42	0,31	18,02	21,99	22,63	19,40
JUNHO	0,83	1,21	0,62	0,41	18,18	36,69	29,08	23,14
JULHO	1,09	1,66	1,00	0,77	22,77	52,08	40,31	28,52
AGOSTO	1,75	2,23	0,78	0,77	35,24	38,81	41,40	38,85
SETEMBRO	1,44	2,55	1,59	1,24	24,29	52,48	49,40	37,01
DESVIO PADRÃO TOTAL	1,35	1,91	0,99	0,81	26,70	46,92	46,82	31,67

QUADRO III-5: EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL MÁXIMA E MÍNIMA EM MM.

MÉDIAS MENSALIS	Ep	Ev U SOL	Ev U	Ev V
MÍNIMA	JUNHO 4,58	JUNHO 5,23	JUNHO 1,69	JUNHO 1,41
MÁXIMA	SETEMBRO 5,94	SETEMBRO 6,89	SETEMBRO 3,03	SETEMBRO 2,51
MÉDIA TOTAL	5,12	6,07	2,12	1,75

HISTOGRAMA DA EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL EM MM.  
ESTIMADO PELA EQUAÇÃO DE PENMAN E MEDIDO NO  
EVAP. EM U SOL (9 ÀS 16 HS).



HISTOGRAMA DA EVAPORAÇÃO MÉDIA MEN  
SAL EM MM, MEDIDO NO EVAP. EM U A  
SOMBRA E EM V À SOMBRA.

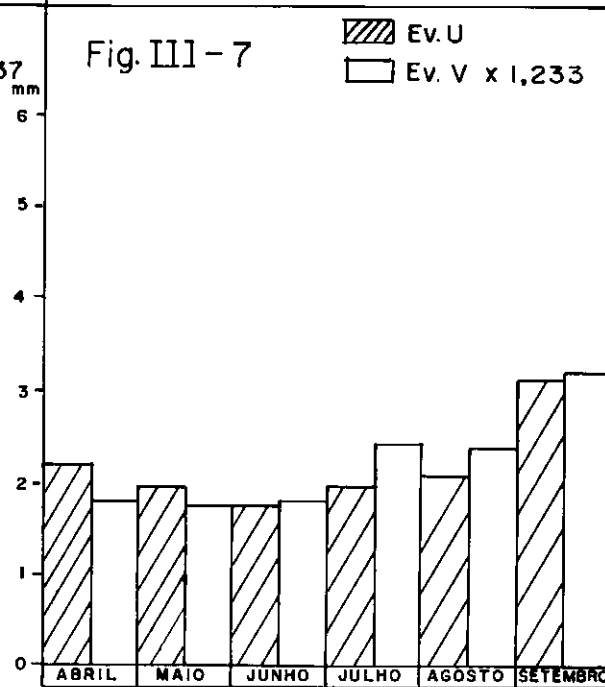
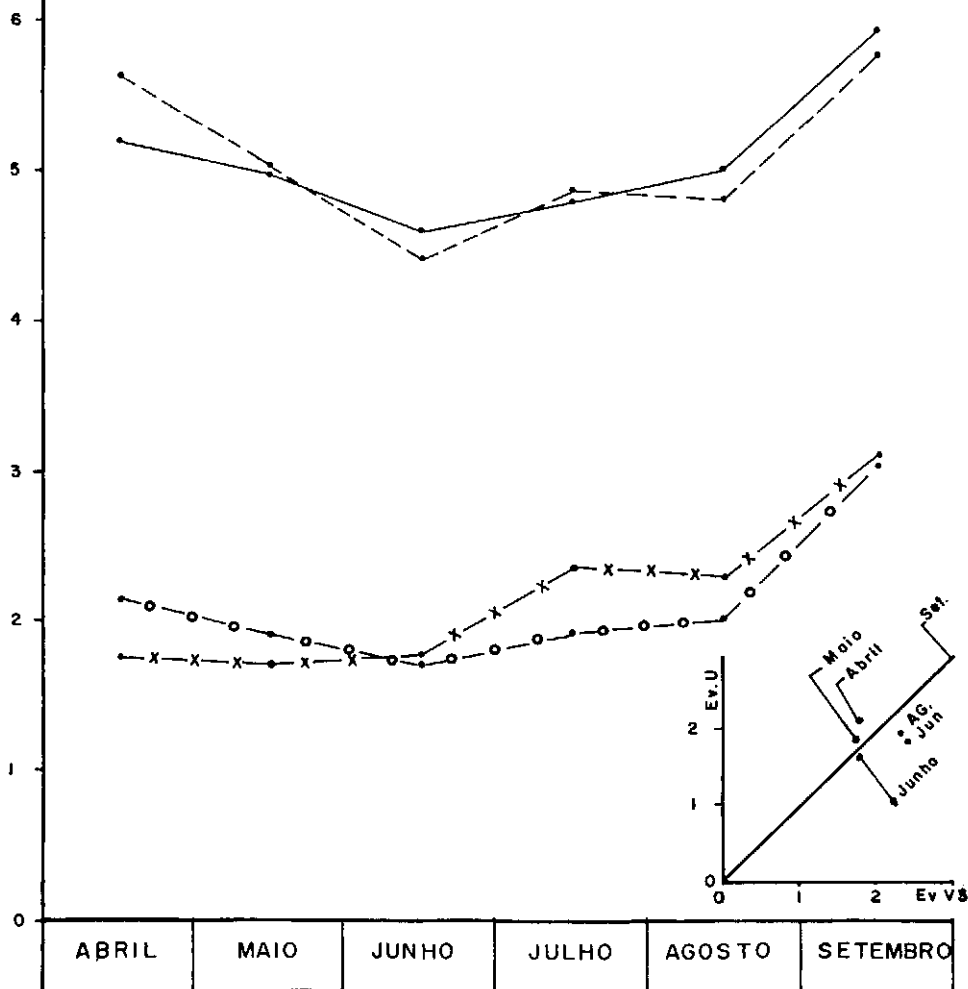
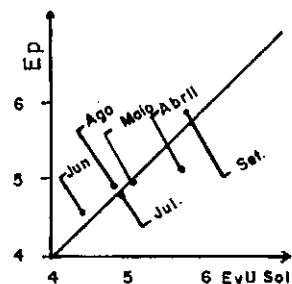


Fig. III-8 (a): Comparação das Médias Mensais de Evaporação Entre a Equação de Penman e Evap. em U do Sol Corrigido e entre U e V Corrigido em mm.

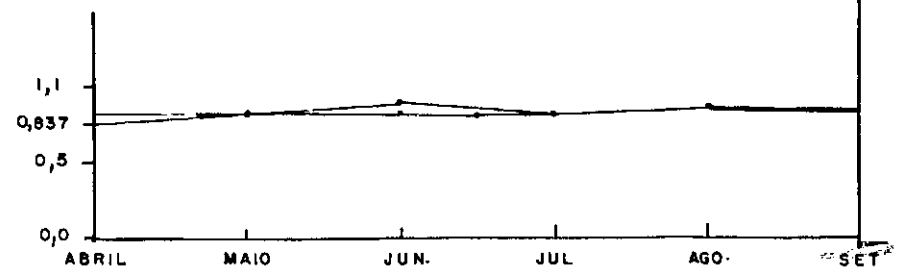
LEGENDA

Ev. P = —————  
 Ev. U SOL = - - - - -  
 Ev. U = - o - o - o - o -  
 Ev. V = -X-X-X-X-X-X-



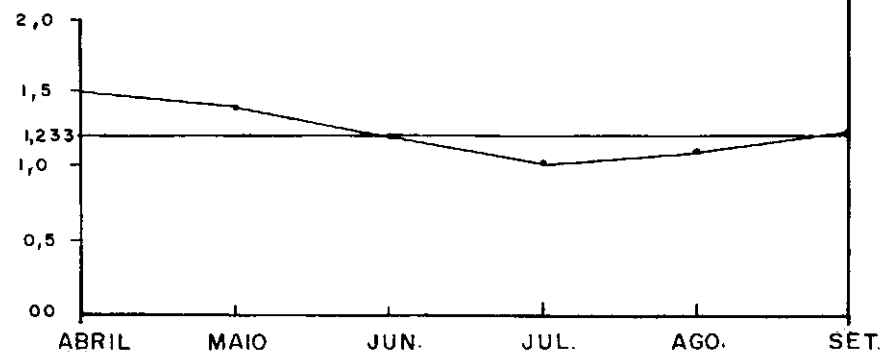
(b): Variação em Bases Mensais dos Fatores de Correção Obtidos Entre a Ep x Ev U SOL

Variação de 0,77 a 0,88  
 Valor Médio = 0,837



(C): Variação Bases Mensais dos Fatores de Correção Obtidos entre Ev U x Ev V

Variação de 1,01 a 1,51  
 Valor Médio = 1,233



O quadro 3-3 mostra, para todos os dias estudados as diferenças em milímetro e em percentagem entre os valores de evaporação obtidos com a equação de Penman e Evaporímetro em "U" e Evaporímetro em "U" versus Evaporímetro Vertical. As figuras III-9 e III-10 mostram as curvas diárias de evaporação e indicam os dias em que as diferenças evaporadas foram superiores a 20 %.

Comparou-se também a evaporação diária acumulada cujos resultados encontram-se nos quadros IV-3 e IV-4

3.2.2.5 Comparações Entre os Valores Horários de Evaporação obtidos Pelo Evaporímetro Em "U" Exposto ao Sol e os Estimados pela Equação de Penman Modificada:

Os valores horários de evaporação e as diferenças em milímetros e em percentagem estão no quadro 3-4 do apêndice. Foram calculados ainda as médias horárias mensais, os desvios padrão e os coeficientes de correlação.

As figuras III-11 até III-36 mostram o comportamento das curvas horárias de evaporação estimadas pela equação de Penman e as obtidas com o evaporímetro em U.

Todos os valores horários de evaporação obtidos pelo evaporímetro em "U" foram multiplicados pelo fator de correção médio mensal (0,837).

3.2.2.6 Comparações Entre os Valores Horários de Evaporação Distribuídos Pela Equação Tipo Seno de Van Bavel e os Estimados Pela Equação de Penman Modificada.

Houve necessidade de estimar os valores diários de eva

FIGURA III-9: EVAPORAÇÃO DIÁRIA OBTIDA COM O EVAPORÍMETRO EM U AO SOL E ESTIMADA PELA EQUAÇÃO DE PENMAN EM MM.

○ Ep ○—○

X Ev U SOL x 0,837 X—X

↑ Datas Correspondentes aos Valores Diários de Evaporação Obtidos em U com mais de 20% de Diferença com Relação aos Estimados pela Equação de Penman.

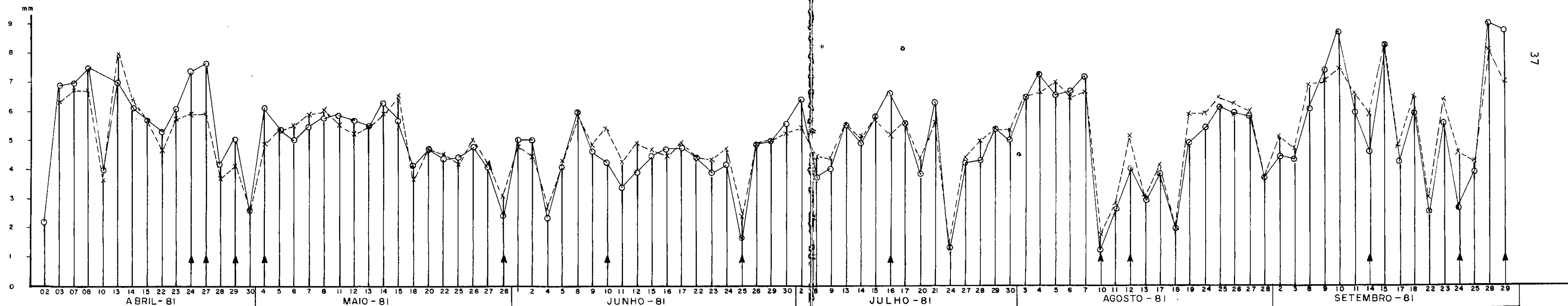




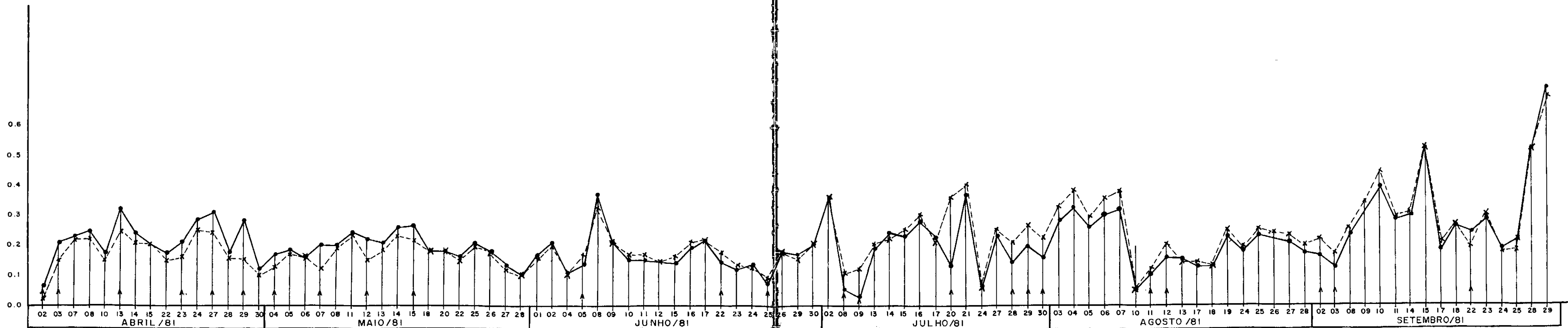
Figura III— 10 : EVAPORAÇÃO DIÁRIA OBTIDA COM O EVAPORIMETRO EM U E VERTICAL AMBOS À SOMBRA EM MM.

—●— Ev U

x— — — x Ev U x 1,233



Datas Correspondentes aos Valores Diários de Evaporação Obtidos em V com mais de 20% de Diferença com Relação aos Observados no Ev. em U.



poração pelo método de Penman para que a equação Tipo Seno pudes se ser aplicada no intervalo de 9 às 16 horas e comparada com os resultados da equação de Penman modificada para valores horá rios.

Com a finalidade de verificar o procedimento adotado, de terminou-se no quadro 3-5 as diferenças em milímetro e em percen tagem e o fator de conversão para o total do intervalo entre as duas equações.

Os valores horários de evaporação encontram-se no qua dro 3-6 e figuras III- 37, até III-66.

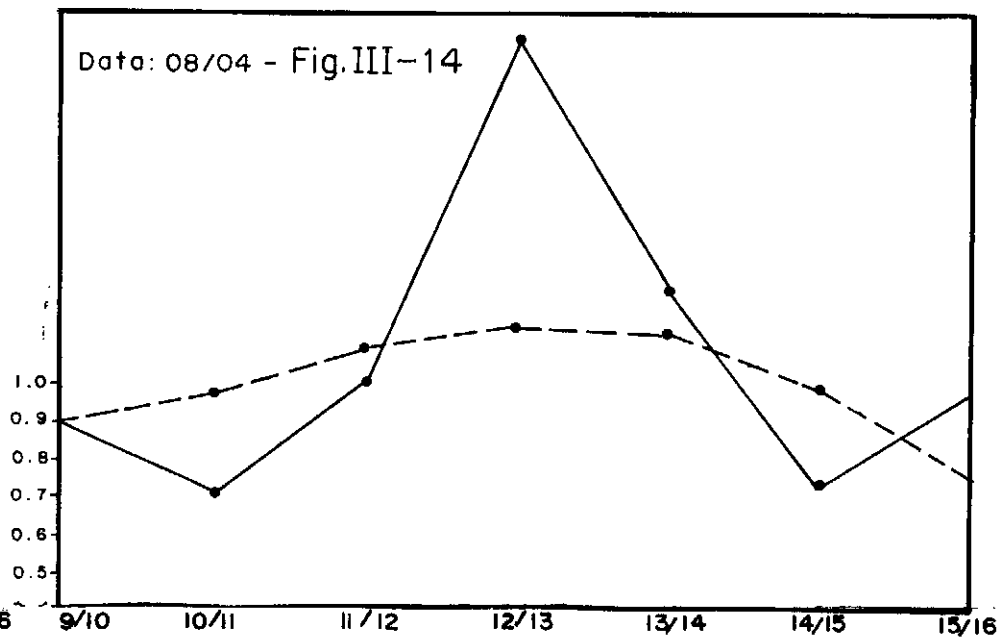
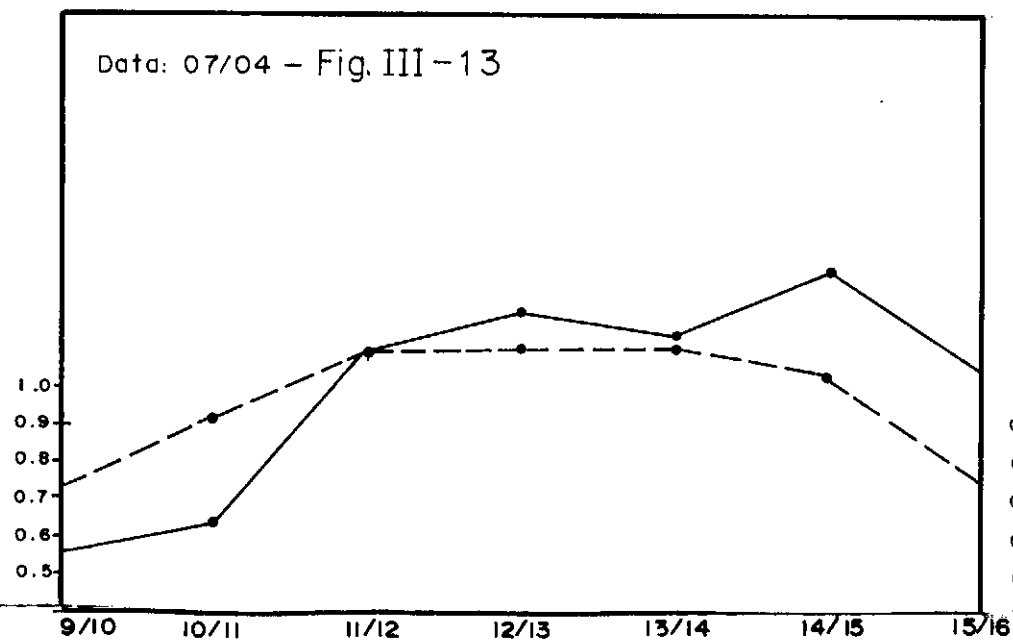
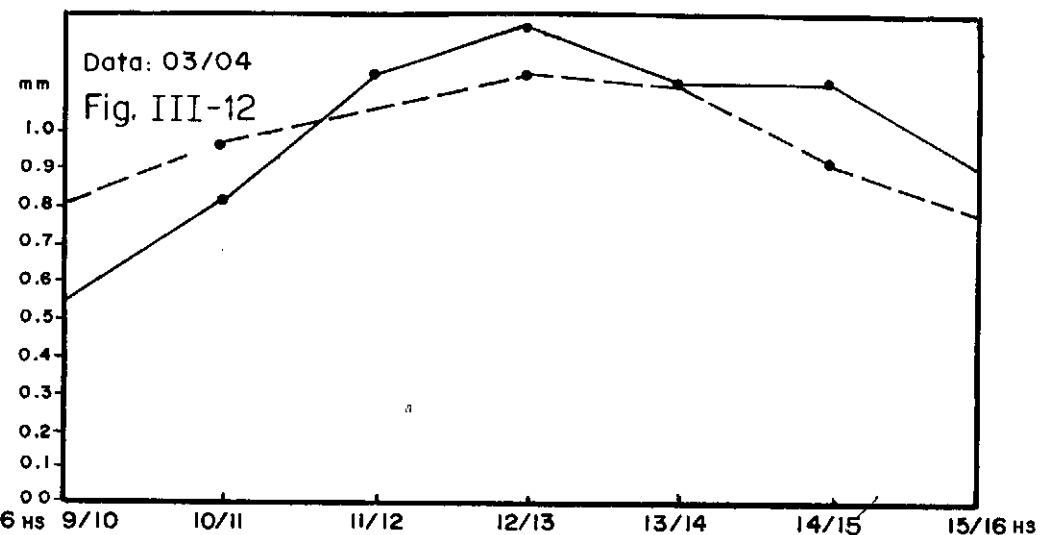
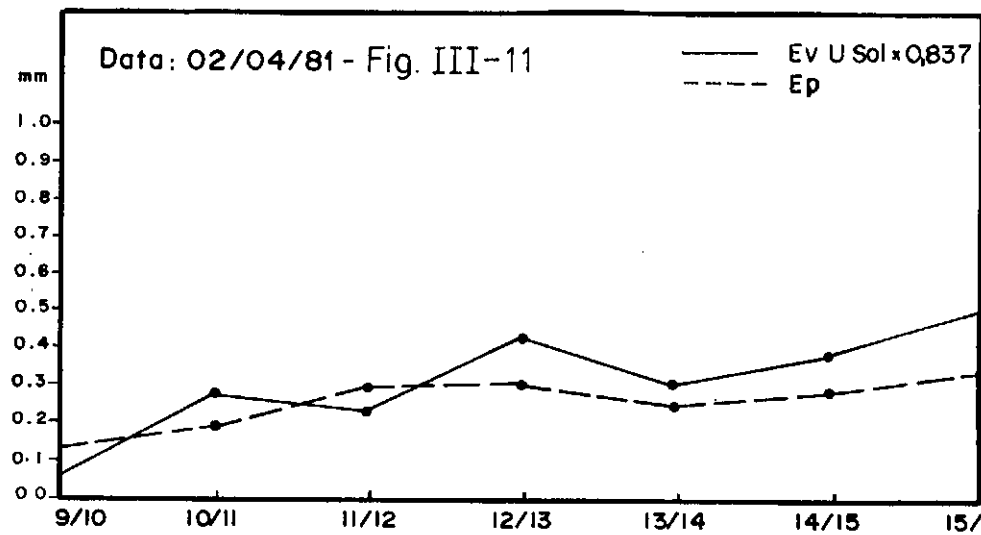
#### 3.2.2.7. Comparações Entre os Valores Horários de Evaporação Ob tidos pelos Evaporímetro em "U" e Vertical Instalados à Sombra.

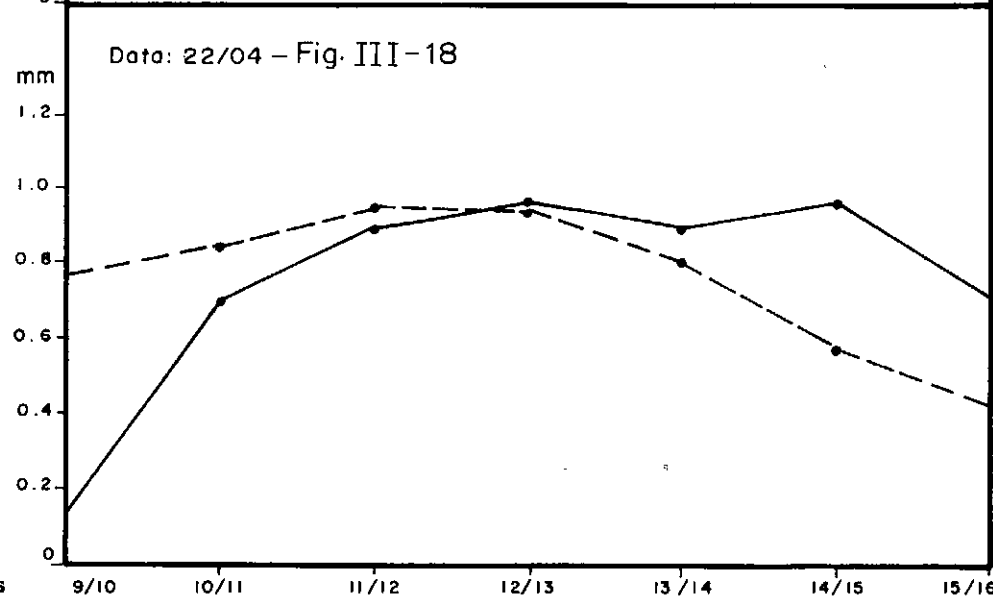
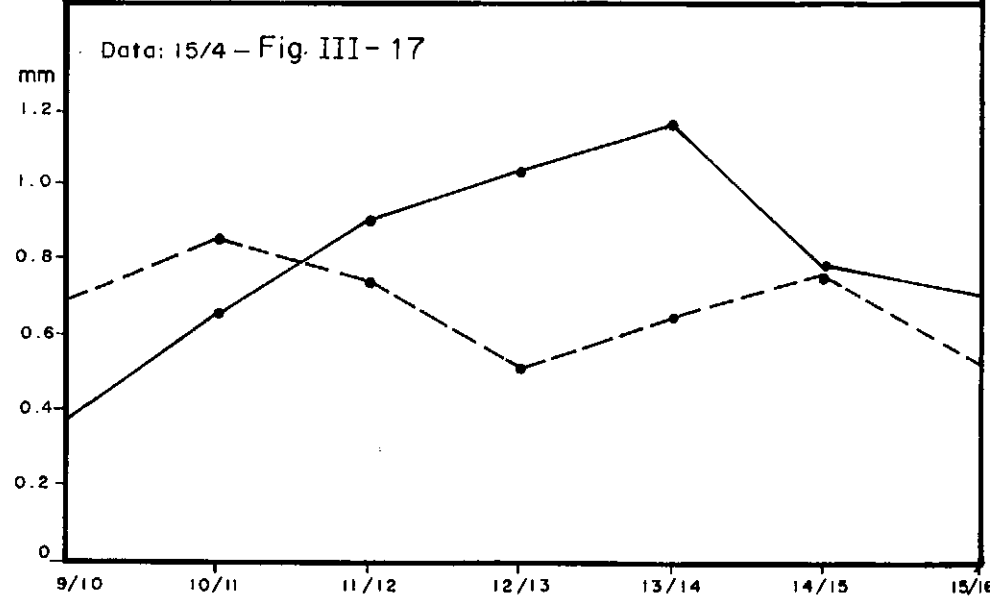
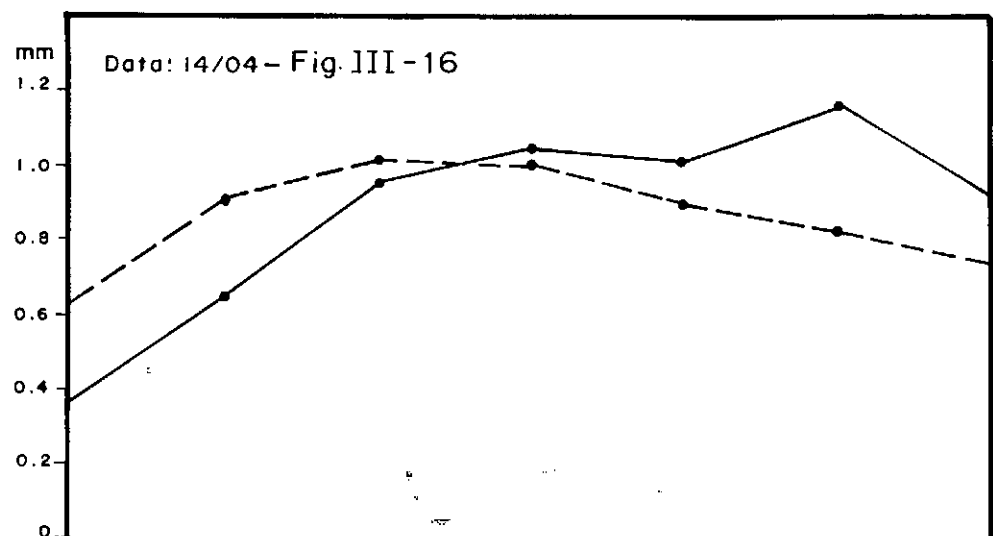
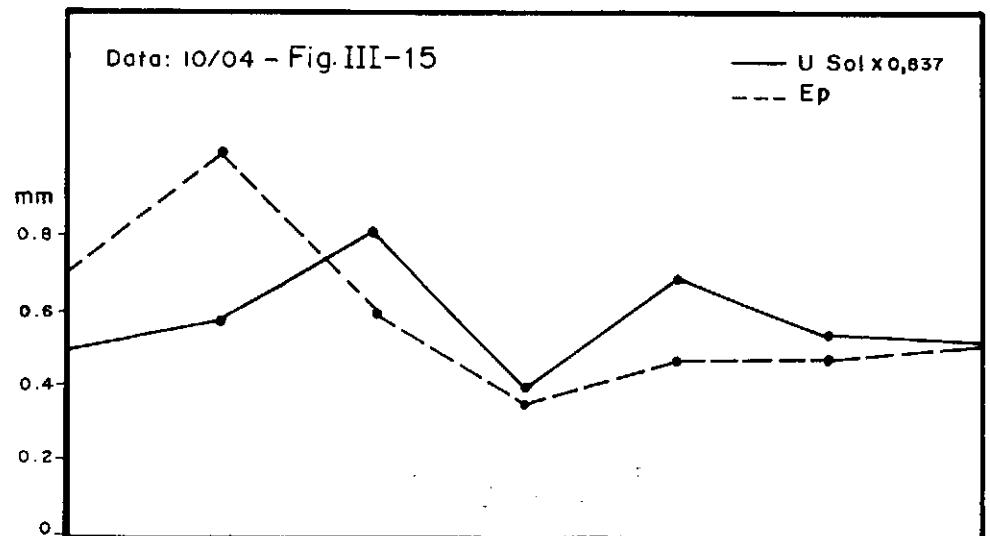
Os valores horários de evaporação, as diferenças em milímetro e em percentagem, as médias horárias mensais evapora das, os desvios padrão e os coeficientes de correlação estão no quadro 3-7 do apêndice.

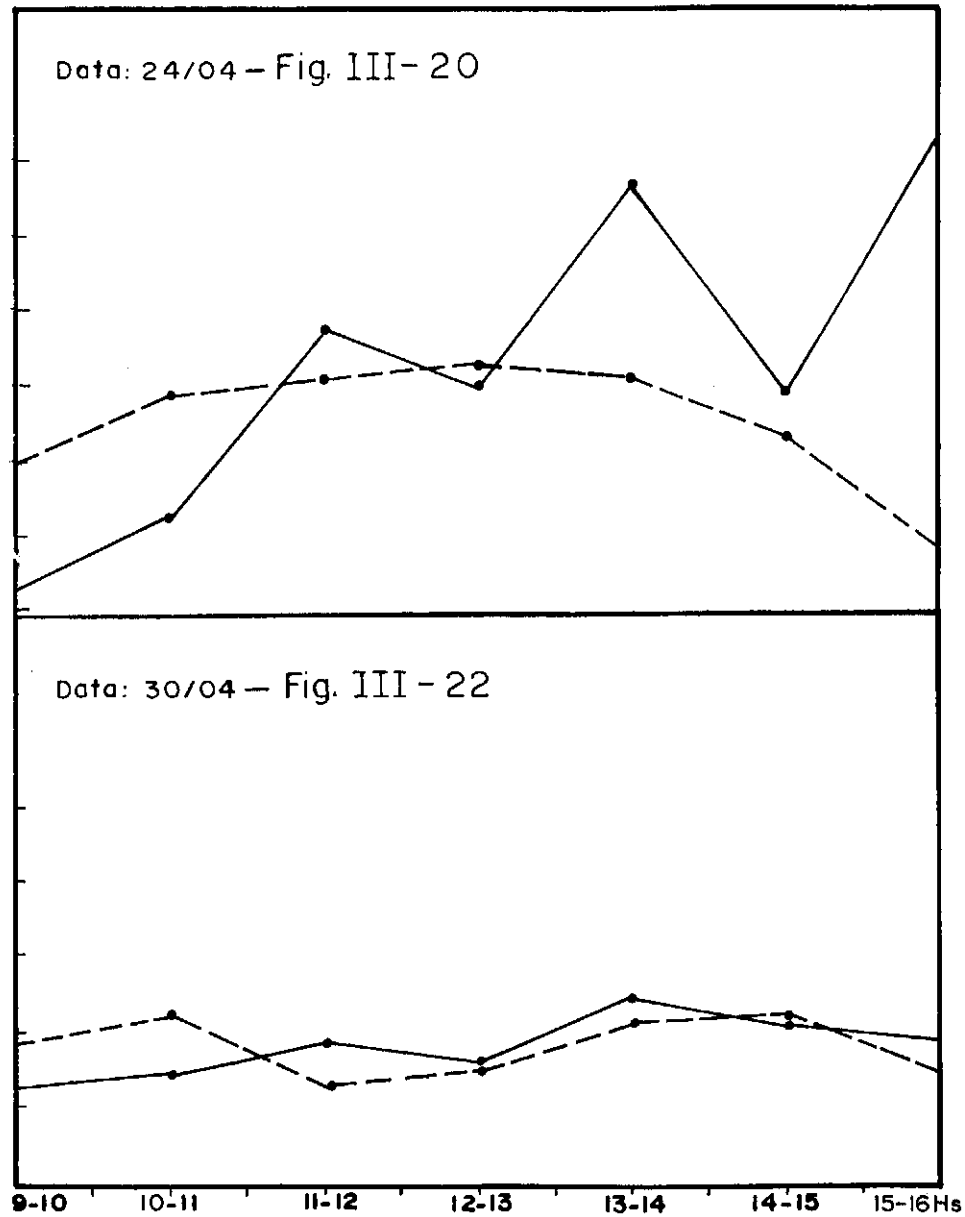
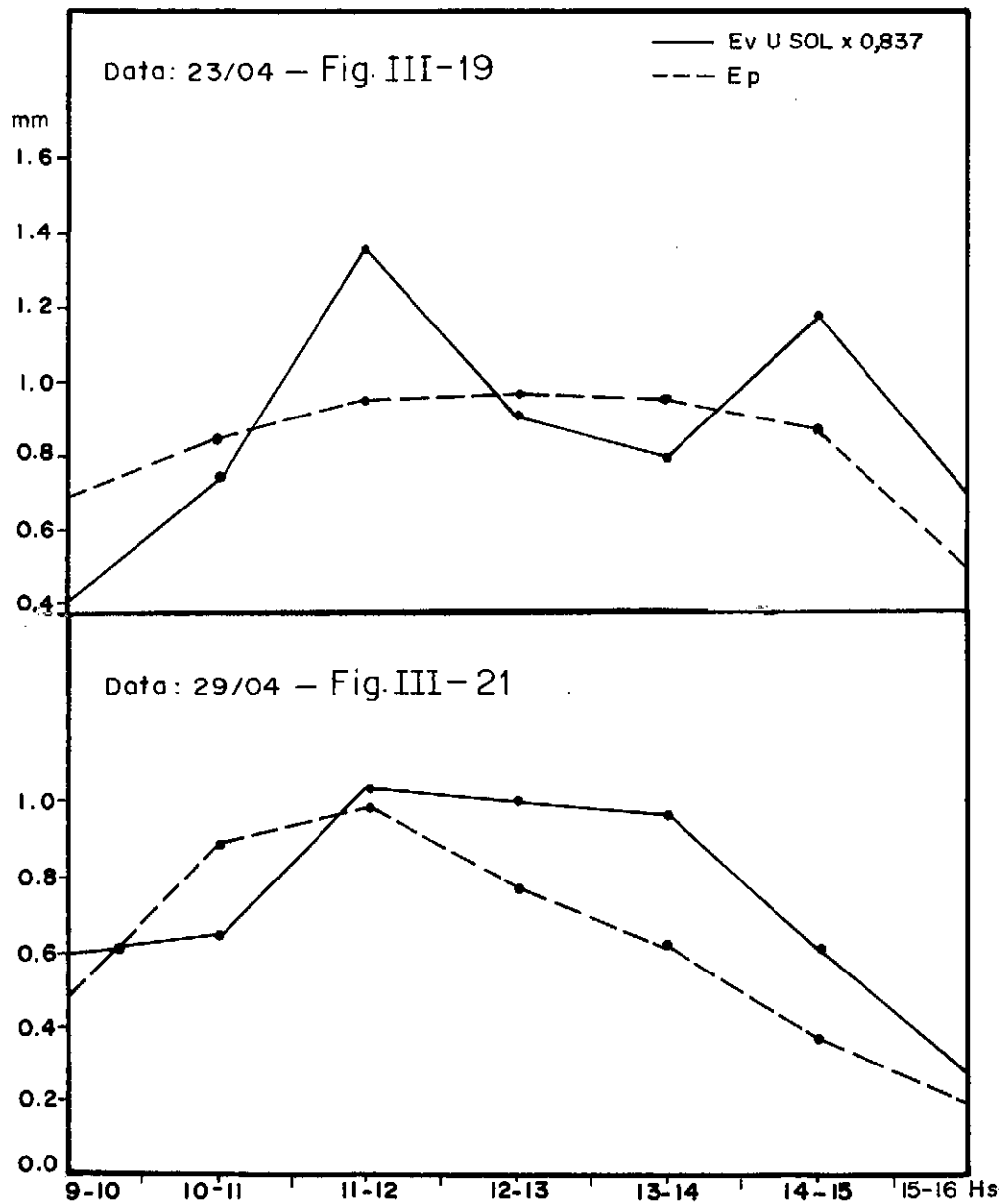
As figuras III-67 até III-97 mostram as curvas horárias de evaporação obtidas nos evaporímetros em "U" e Vertical.

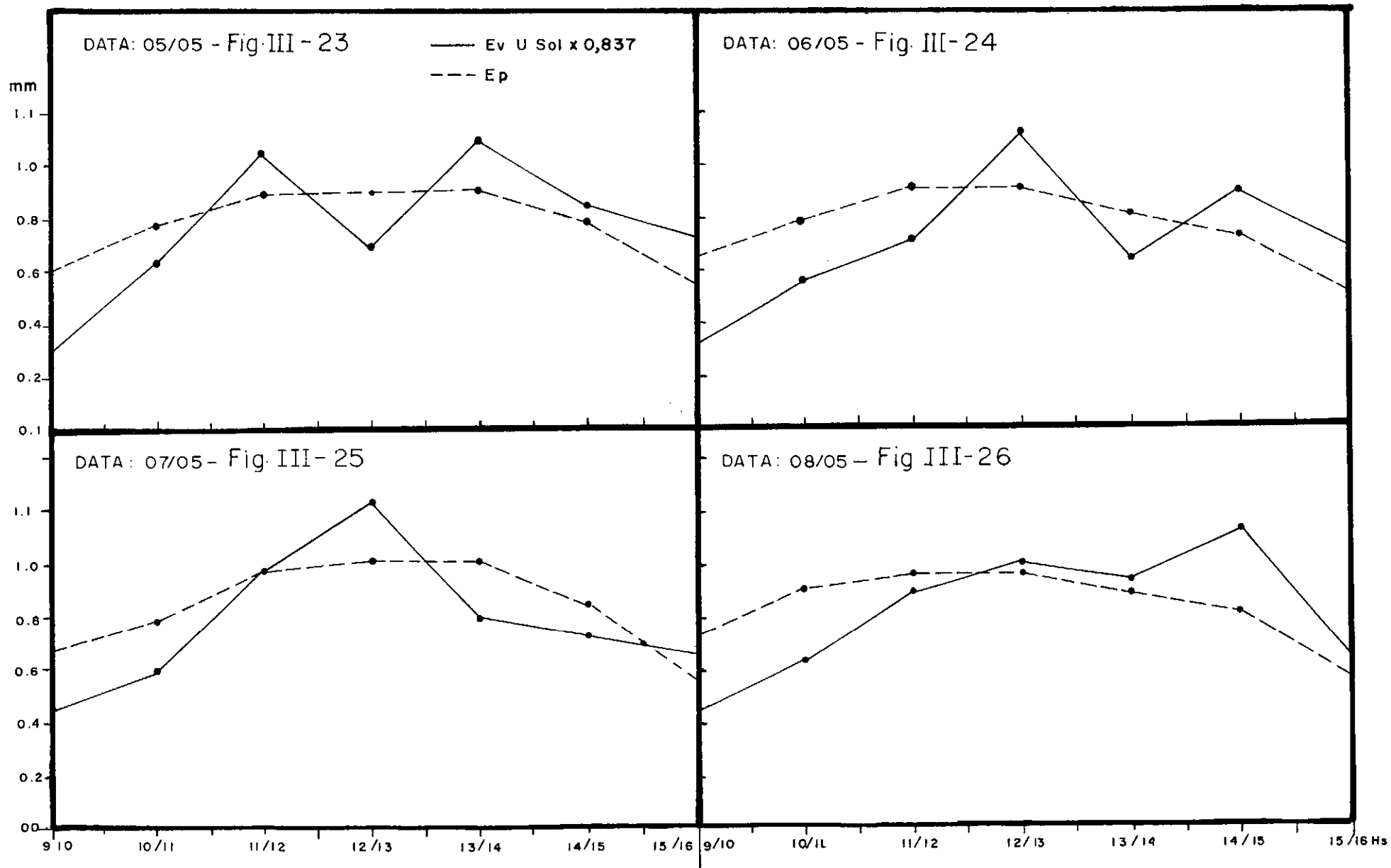
Todos os valores horários de evaporação obtidos pelo evaporímetro vertical foram multiplicados pelo fator de corre ção média mensal (1,233).

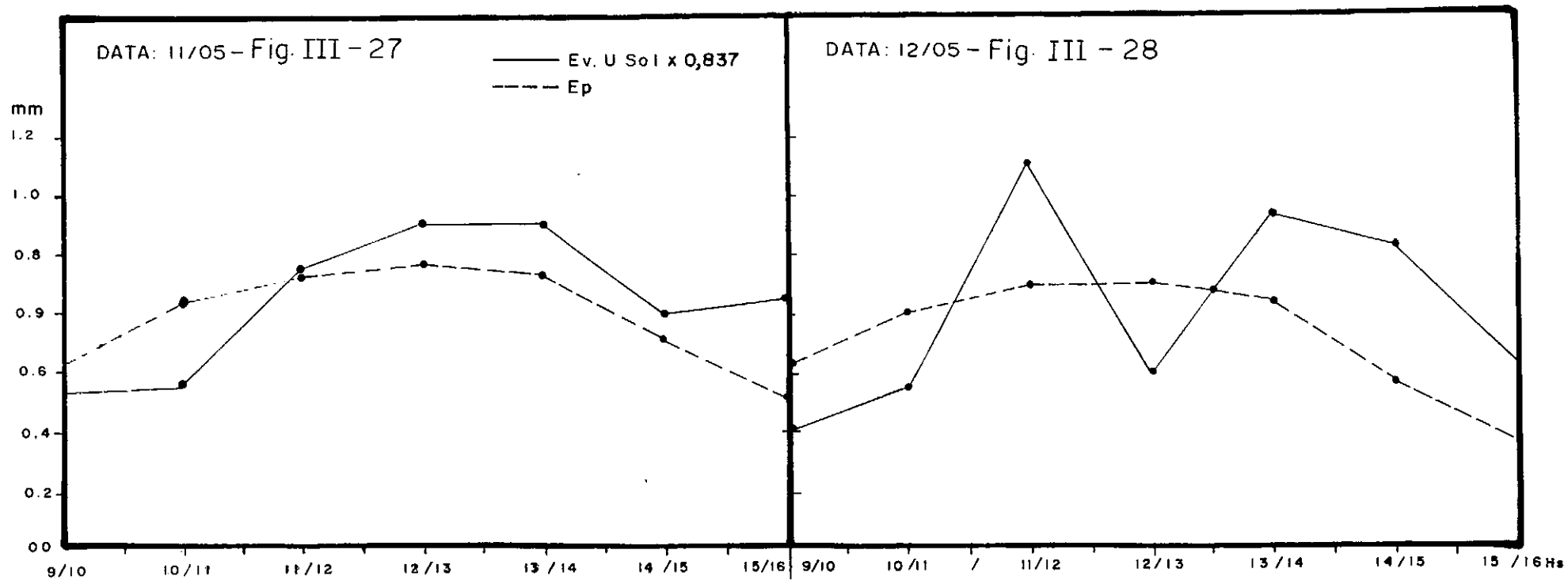
COMPARACAO ENTRE OS VALORES HORARIOS DE EVAPORACAO OBTIDOS COM O EVAPORIMETRO EM U AO SOL E ESTI-  
MADOS PELA EQUACAO DE PENMAN MODIFICADA EM MM

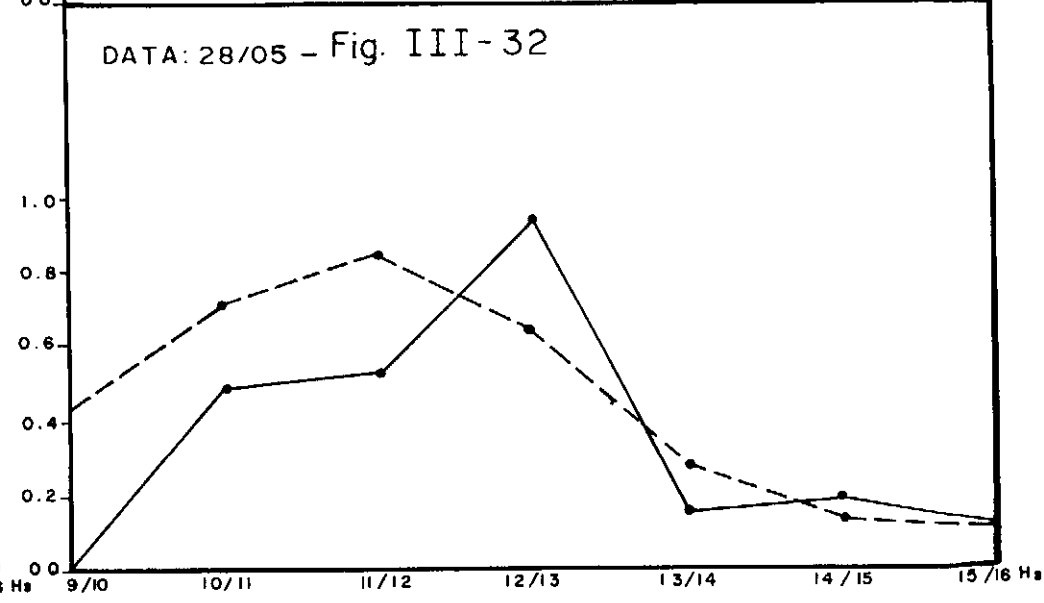
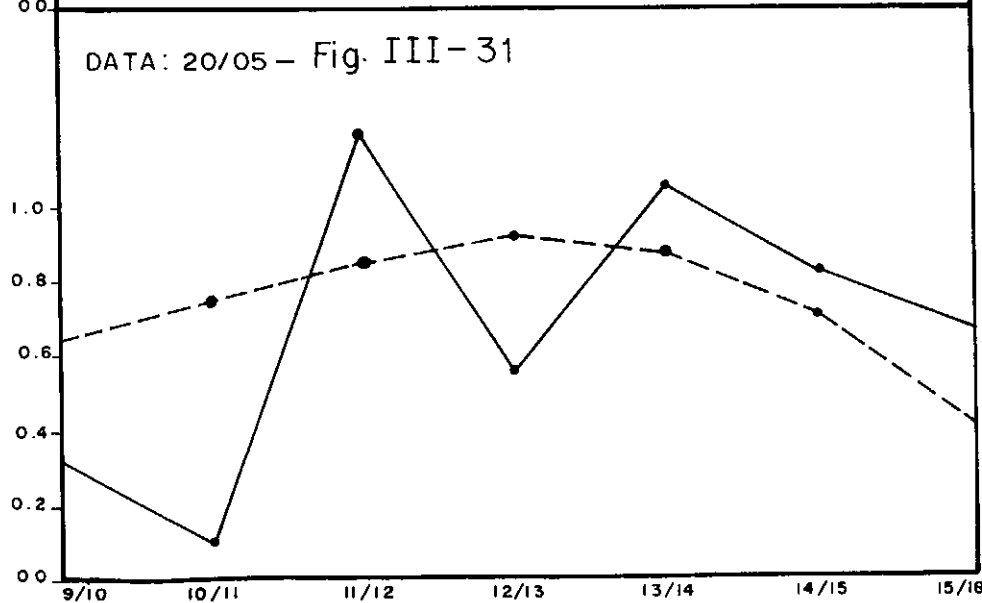
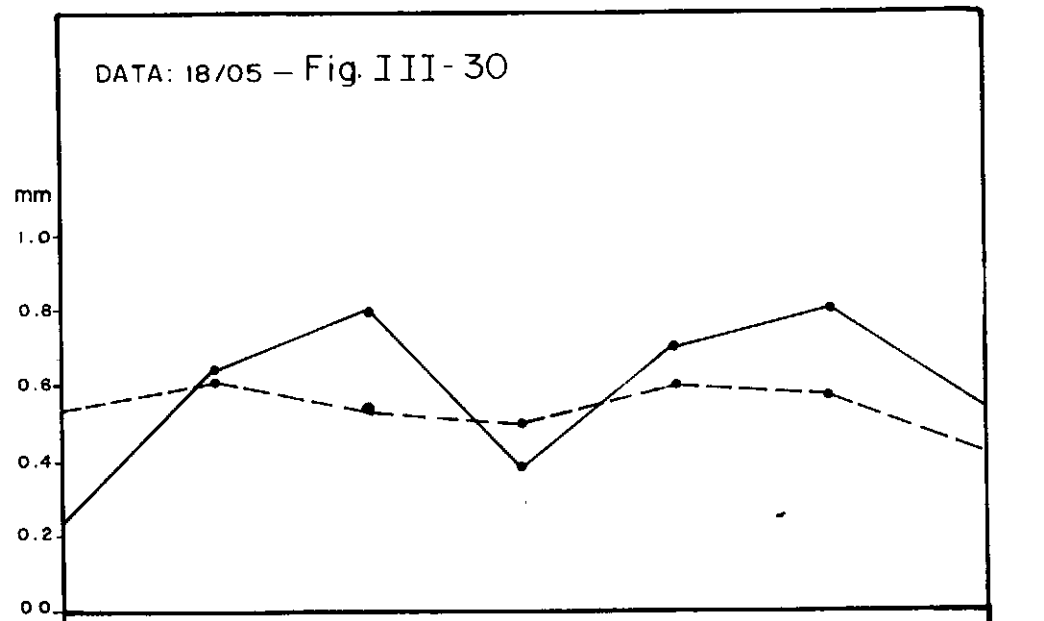
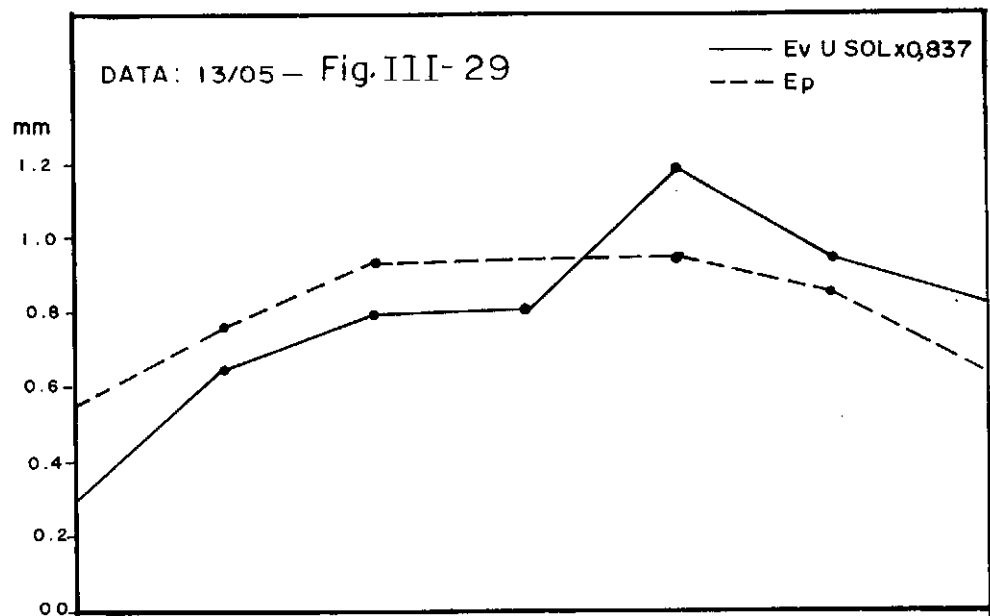




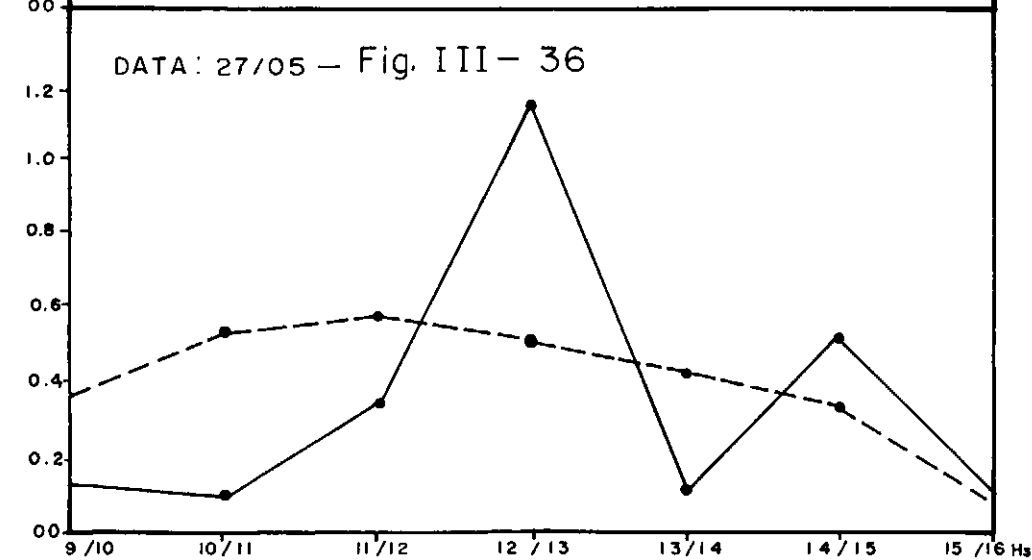
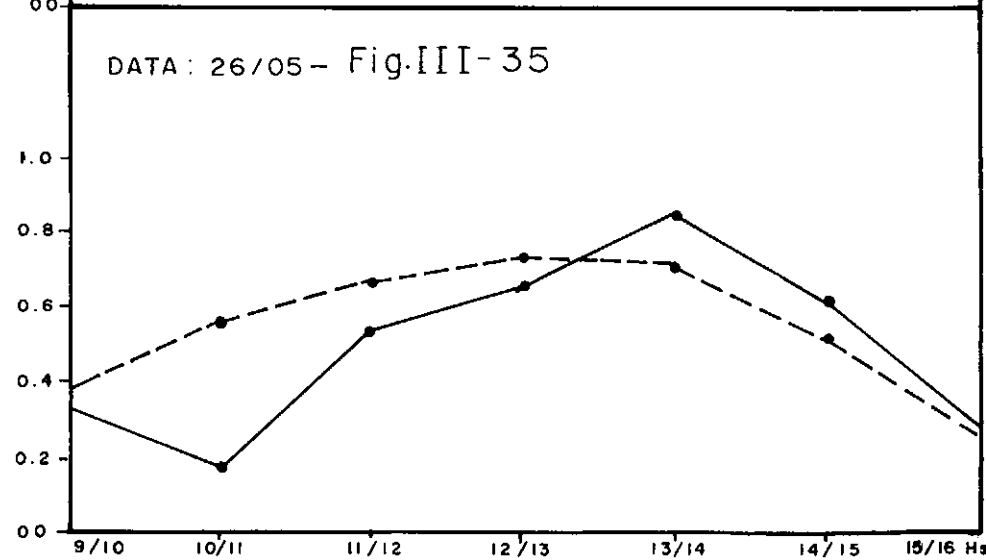
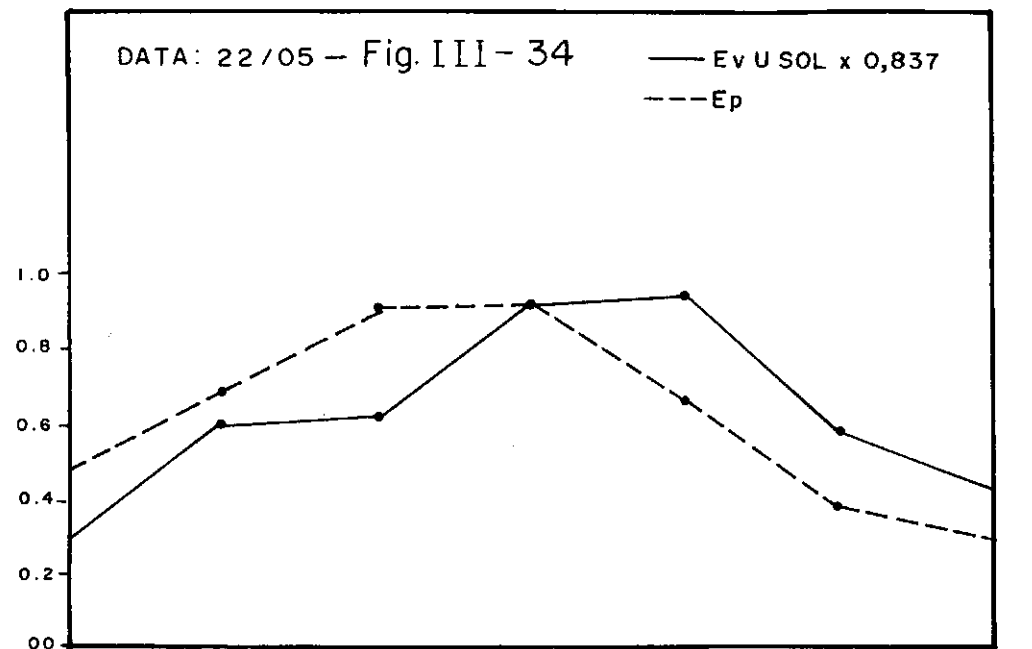
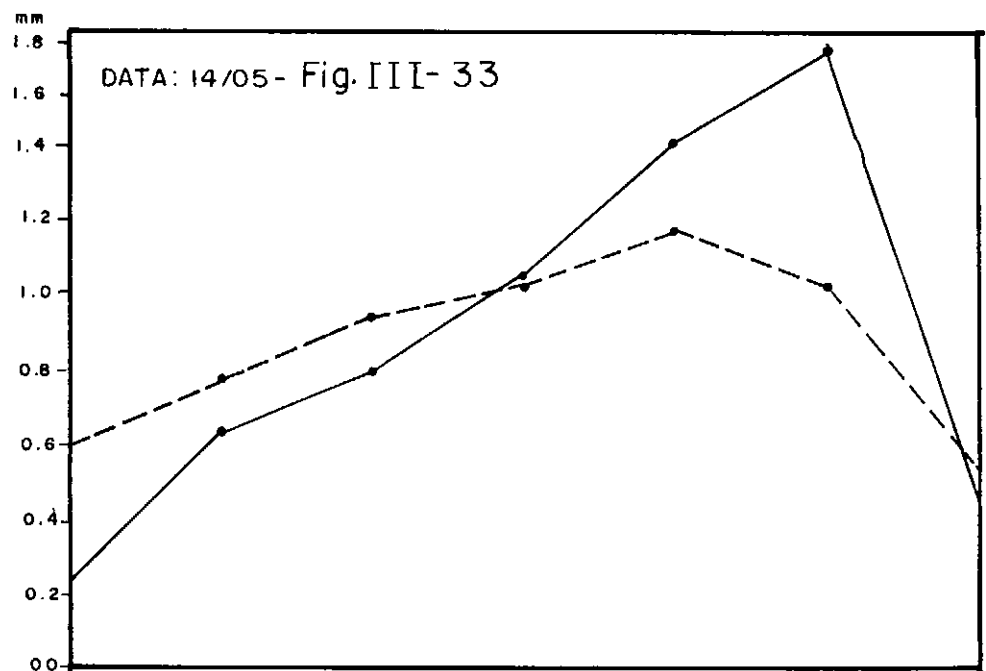






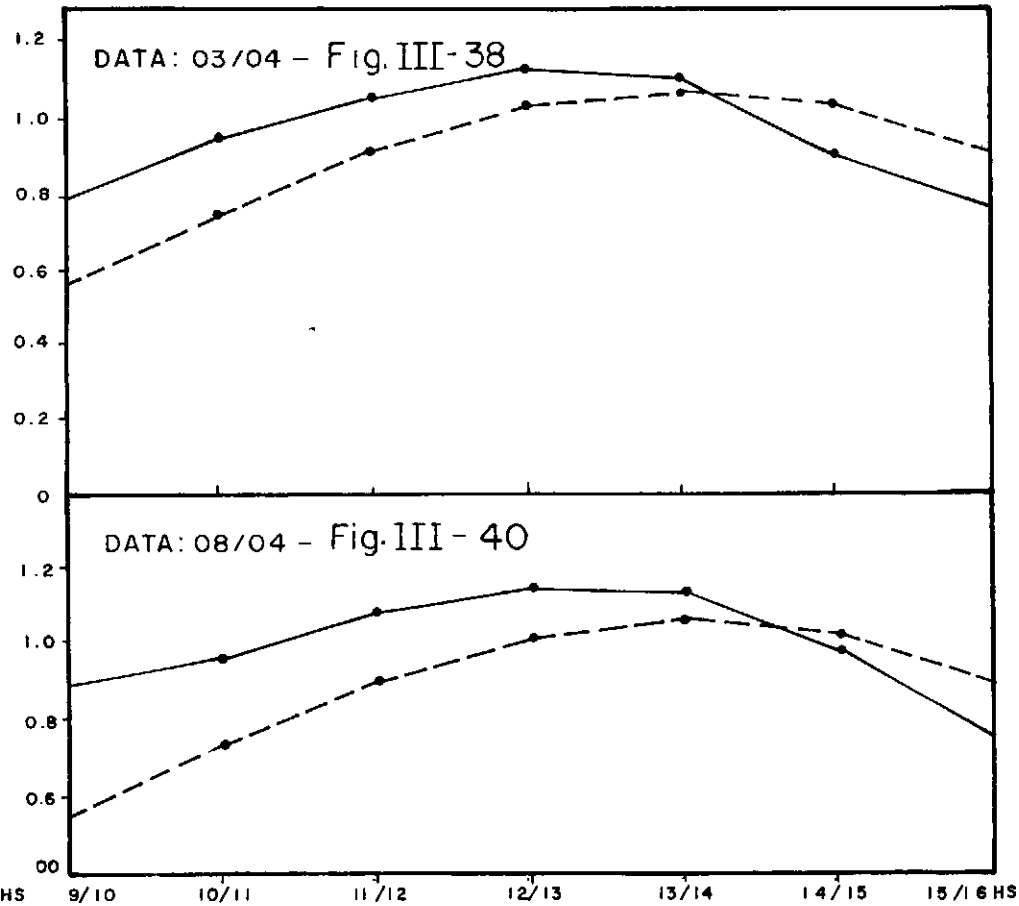
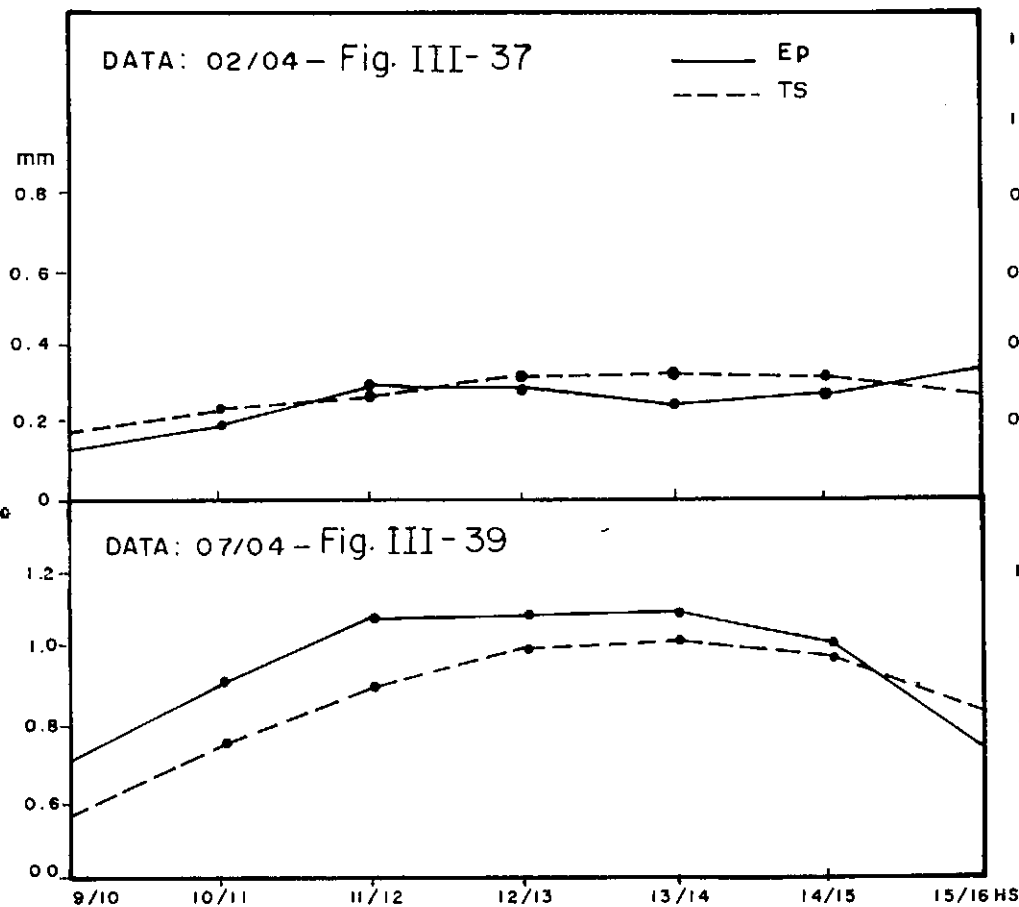


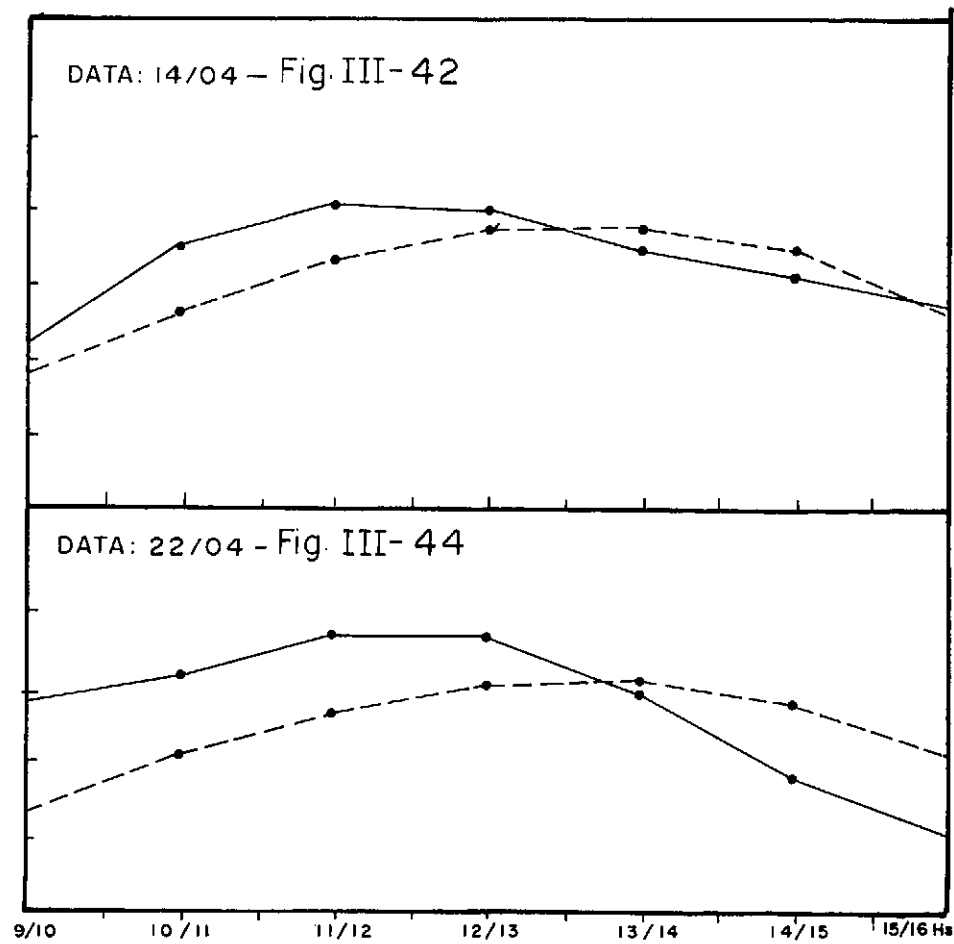
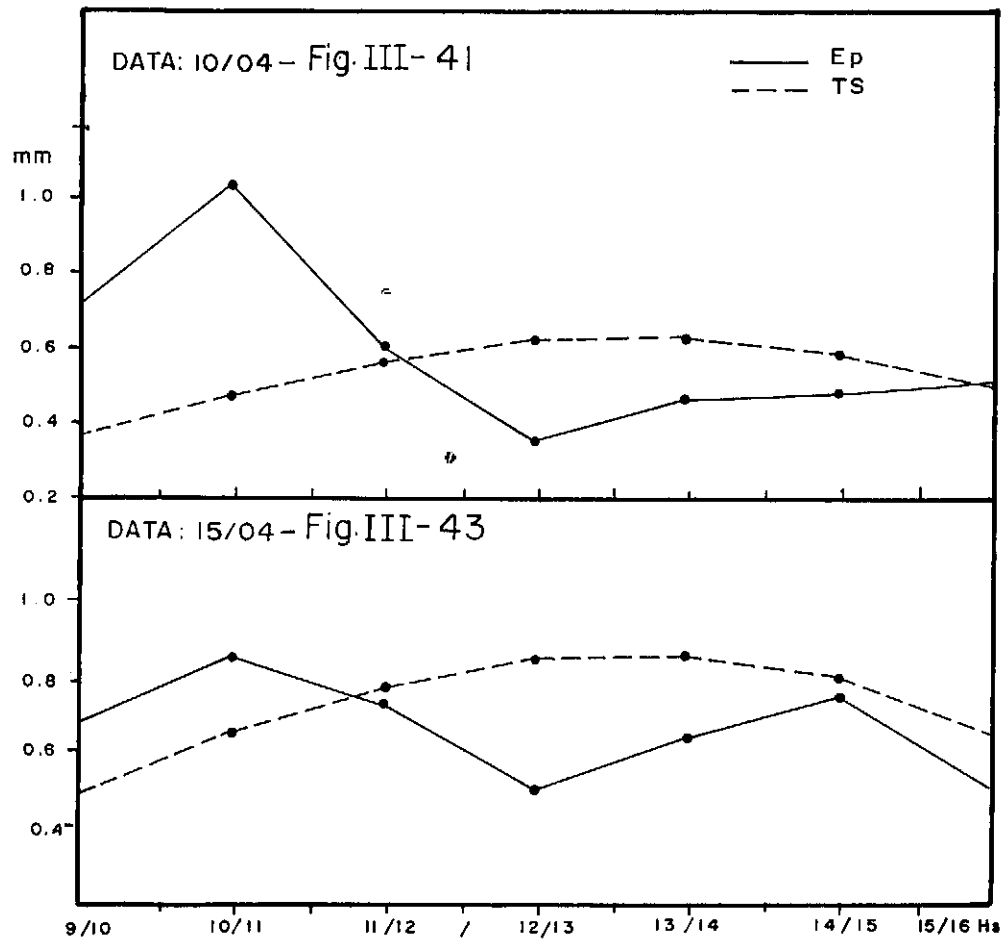


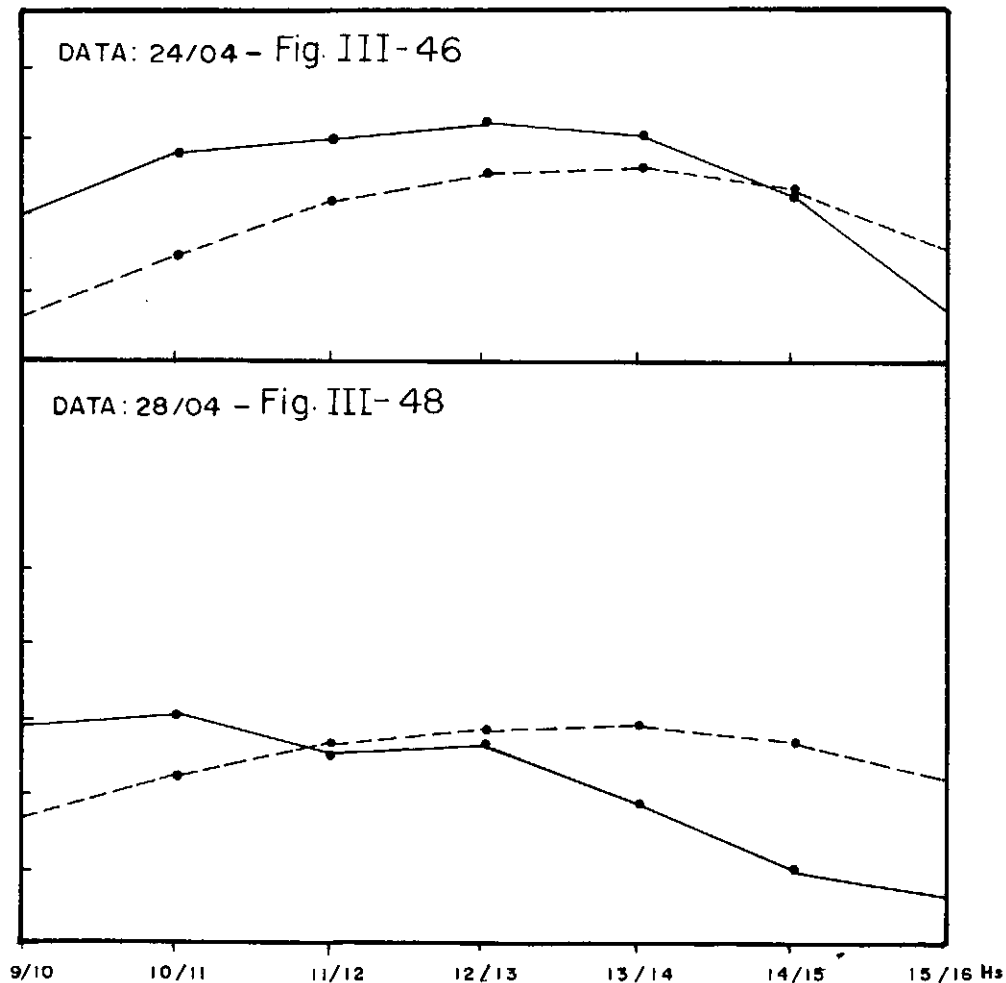
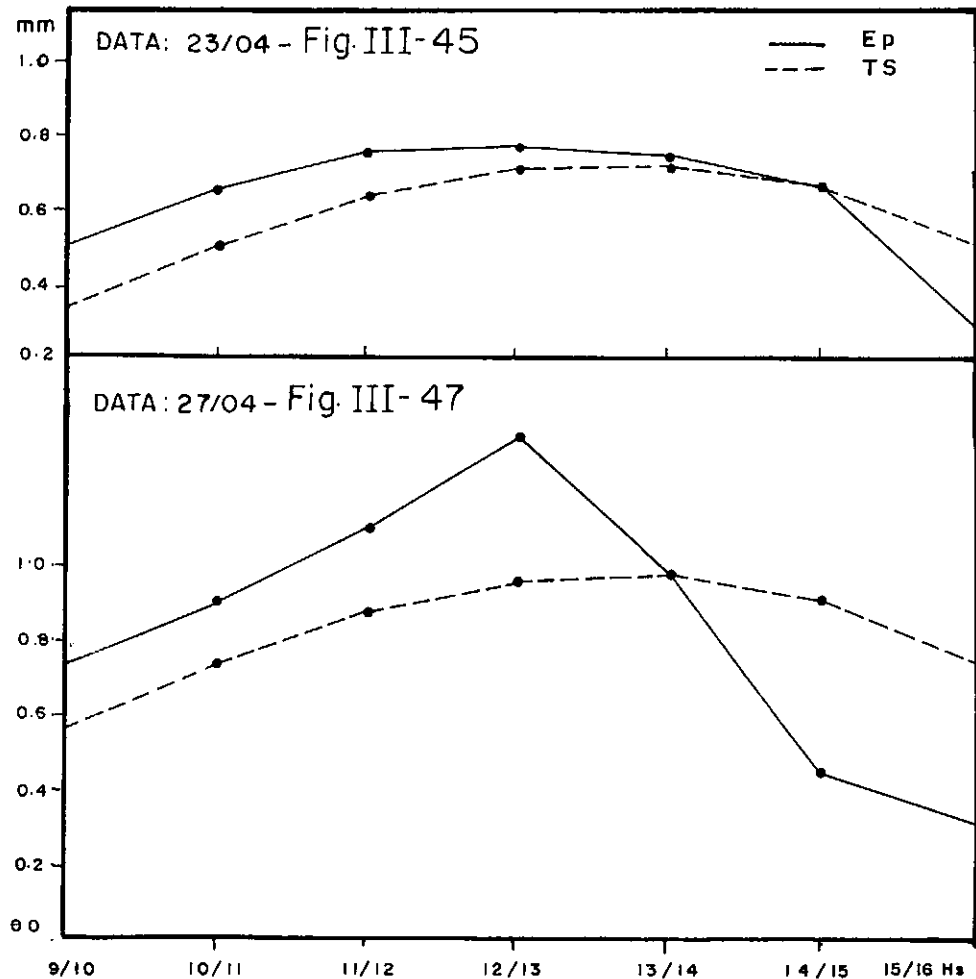


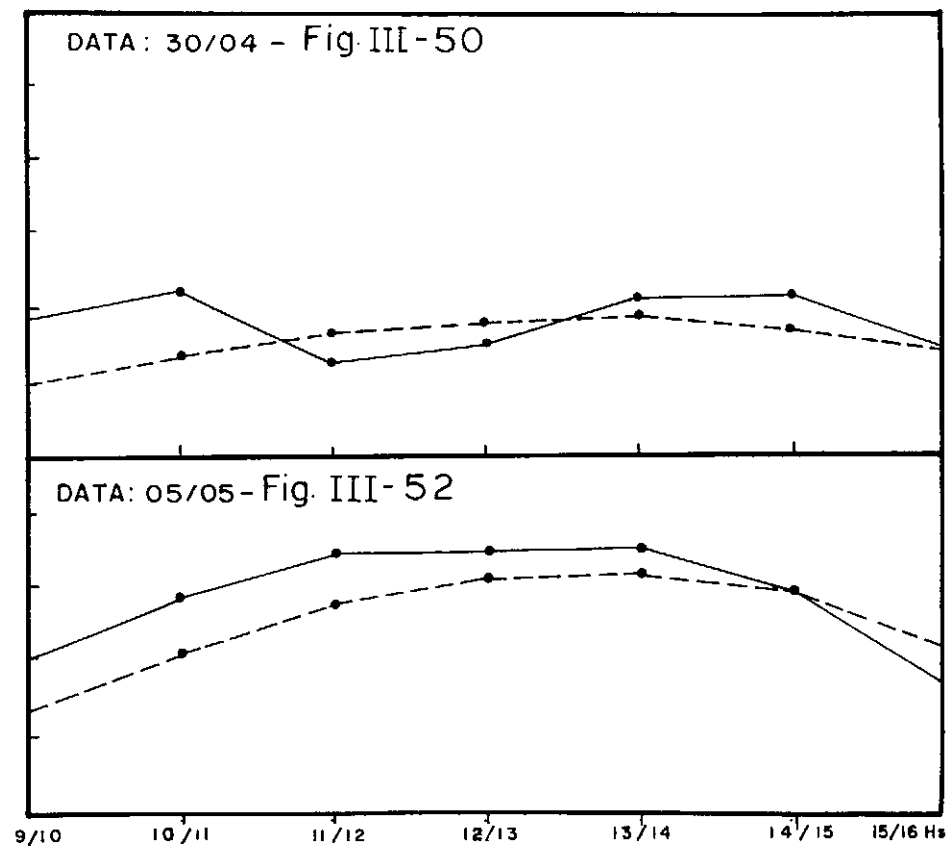
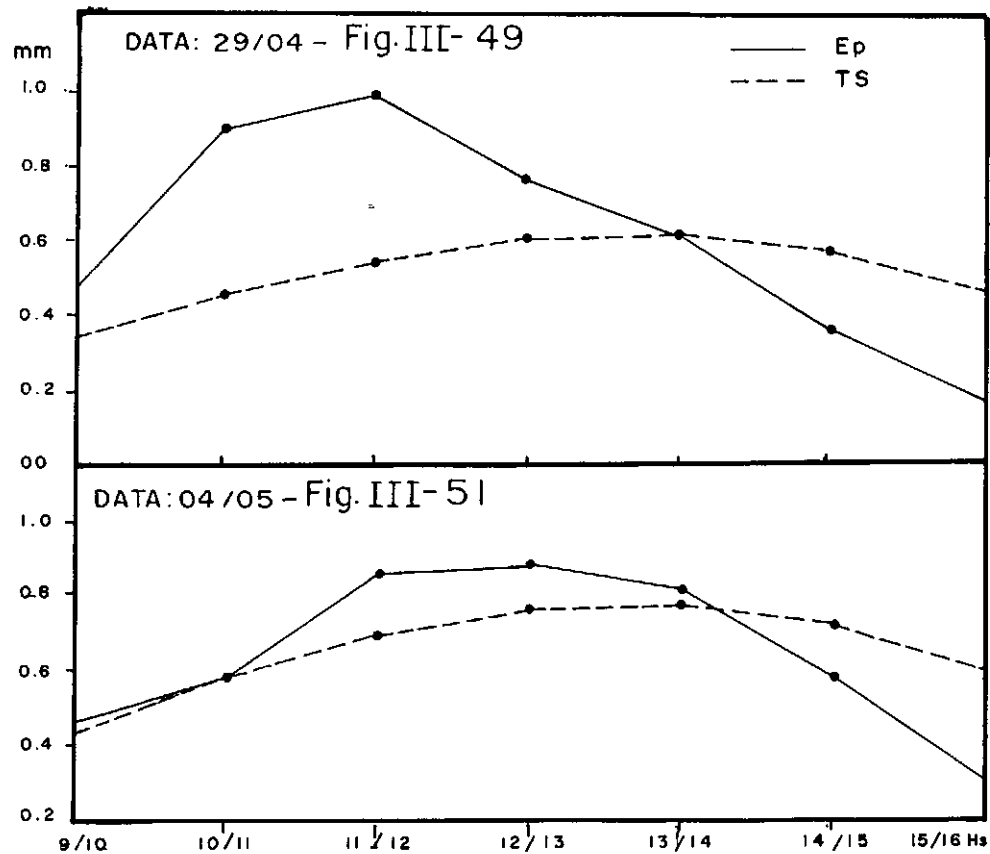
# PENMAN x TIPO SENO

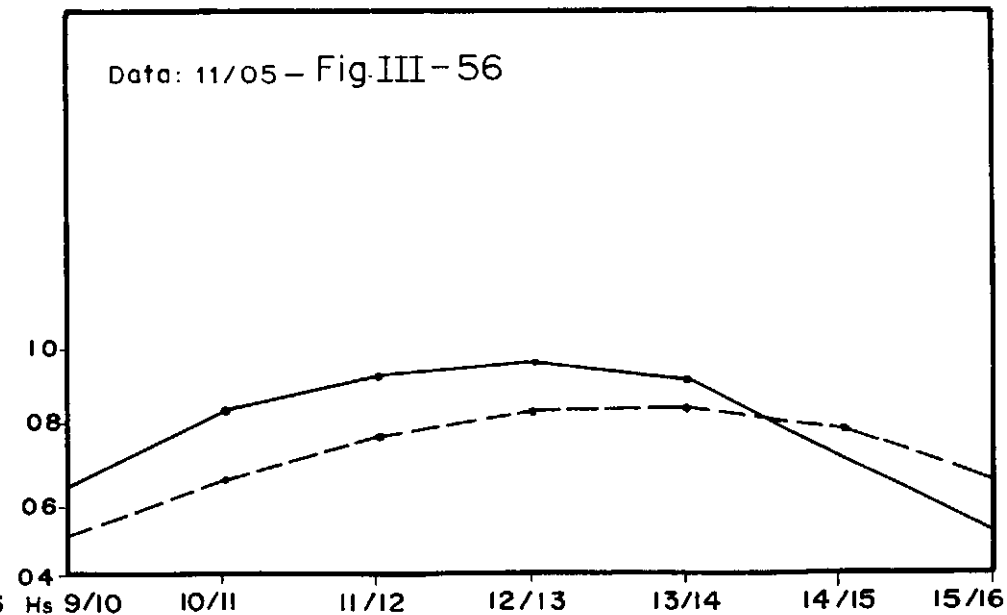
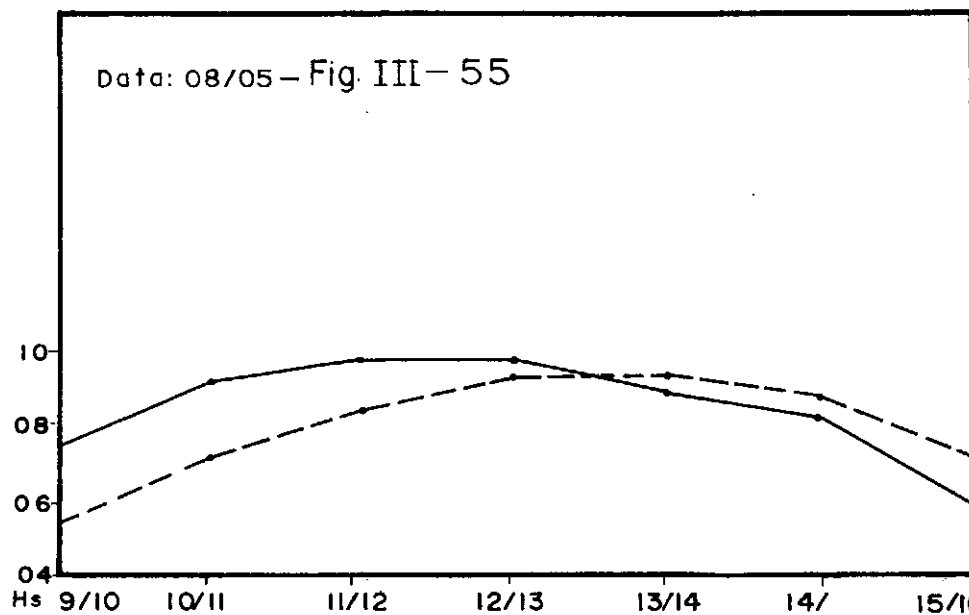
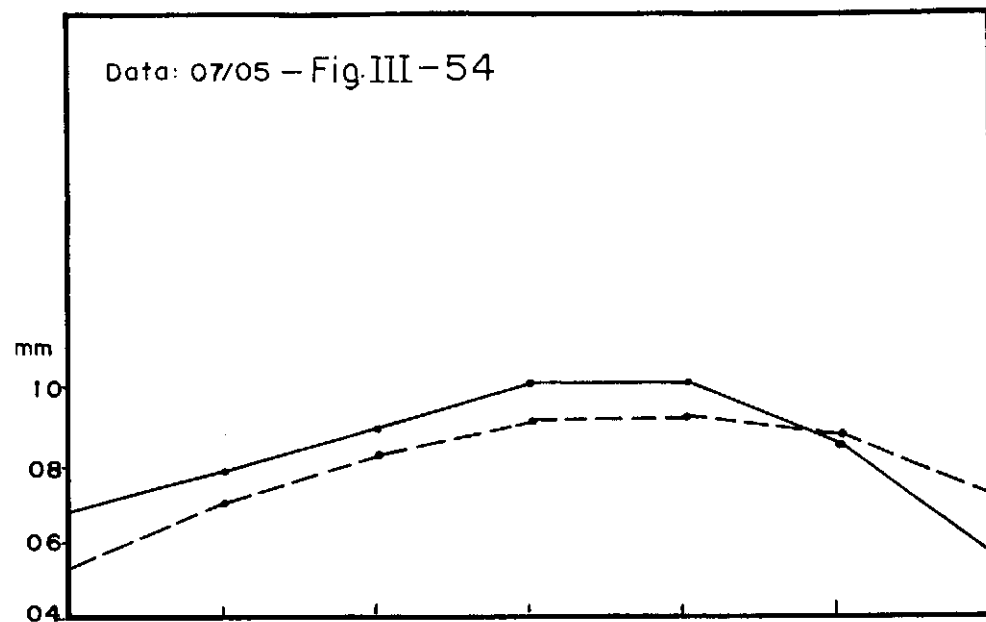
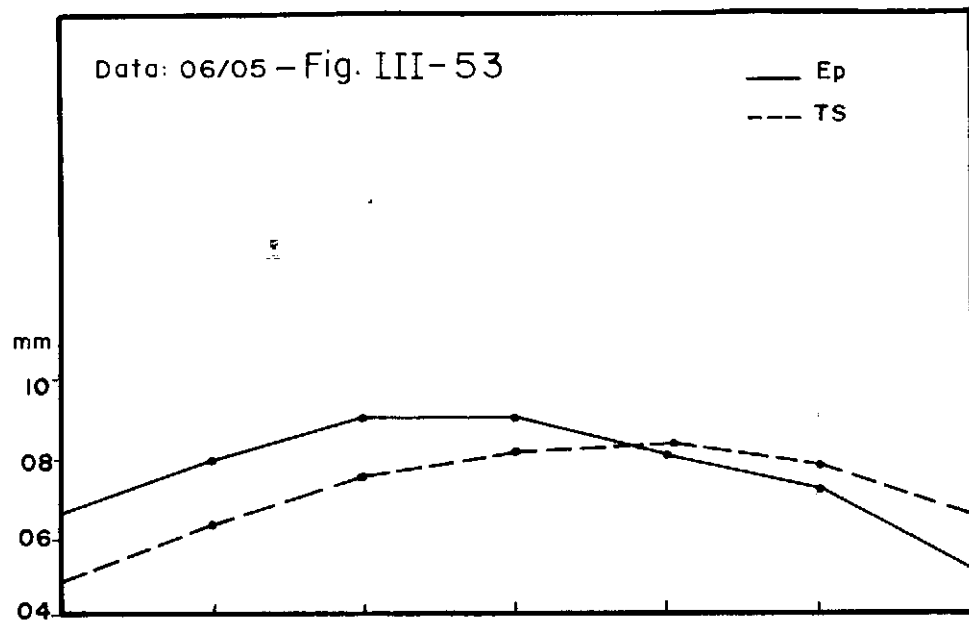
COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES HORÁRIOS DE EVAPORAÇÃO ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PENMAN E TIPO SENO

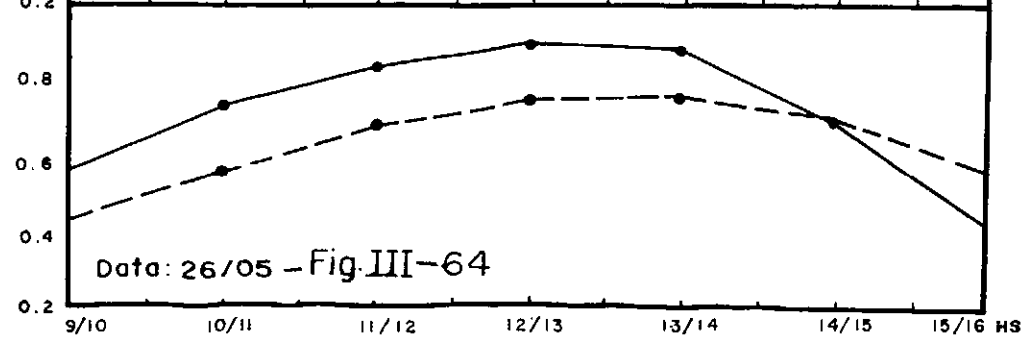
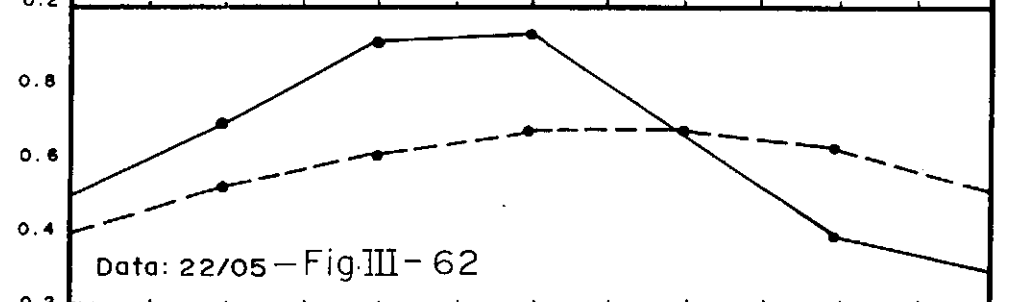
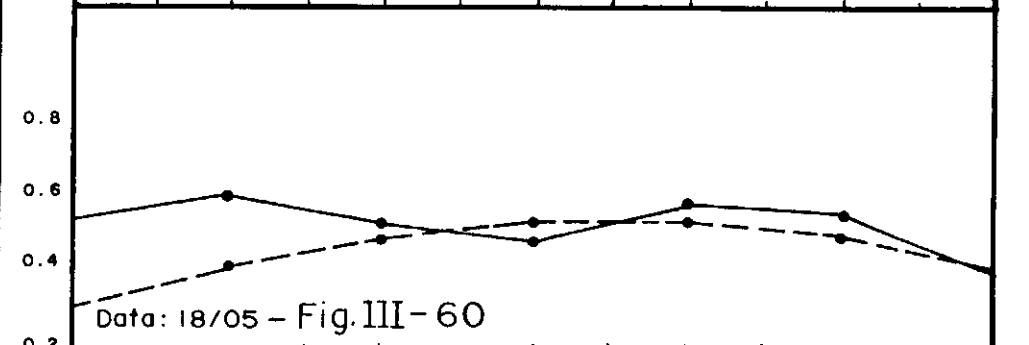
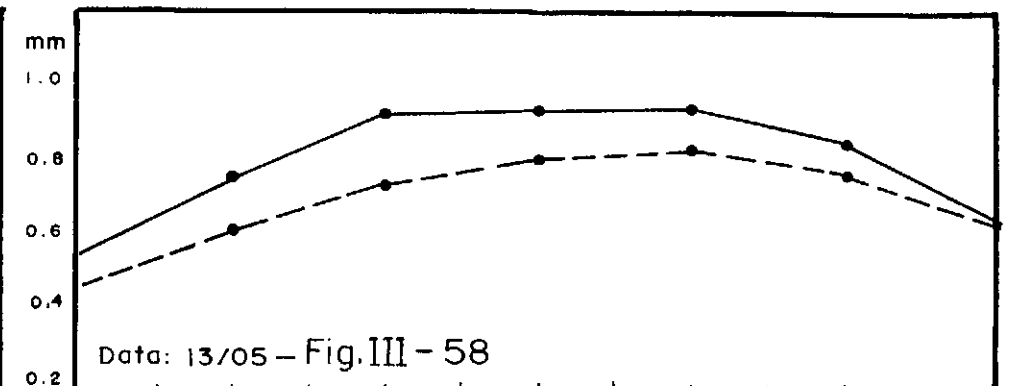
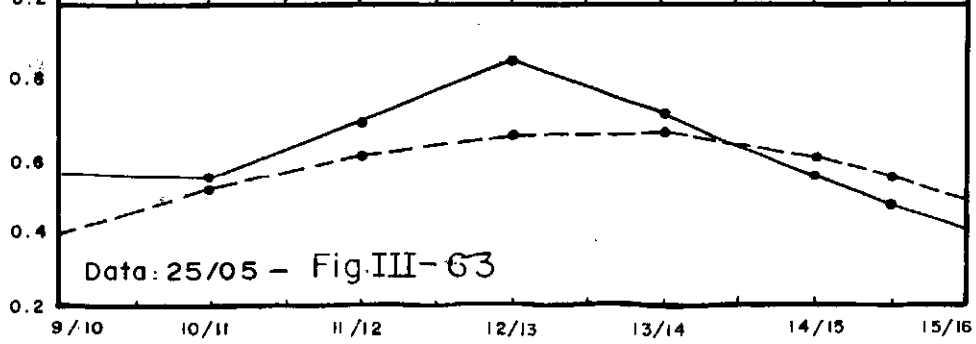
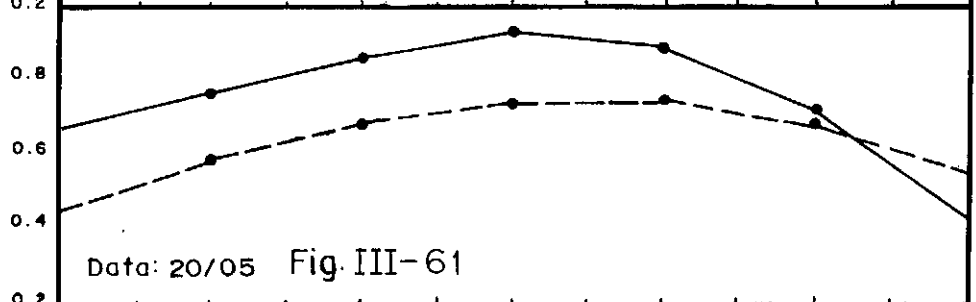
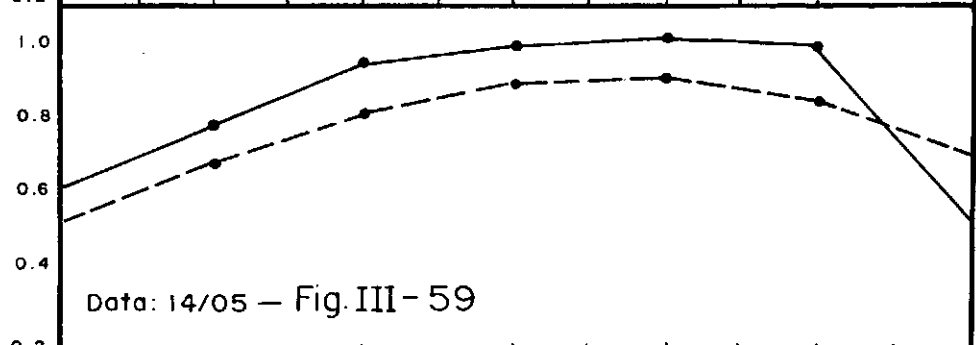
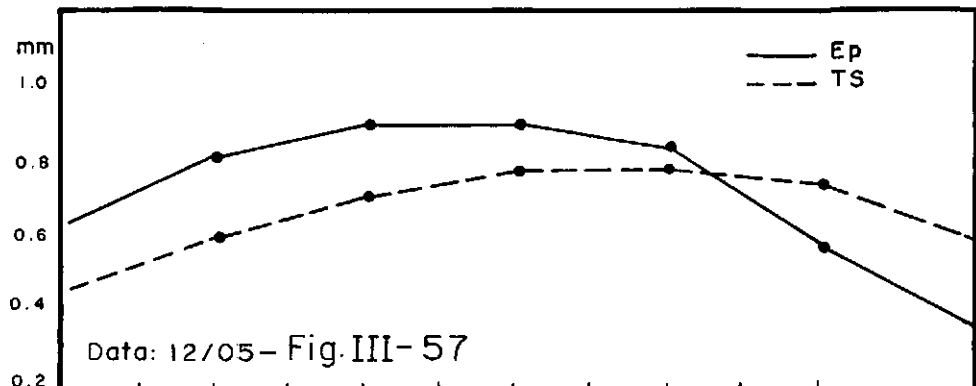


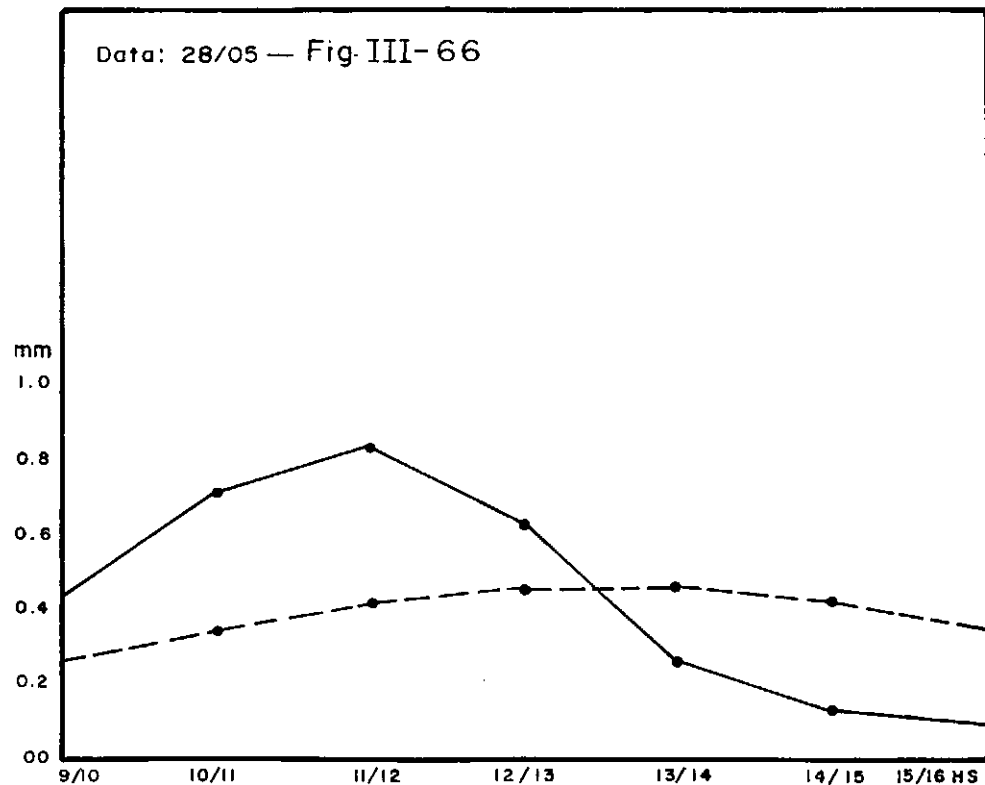
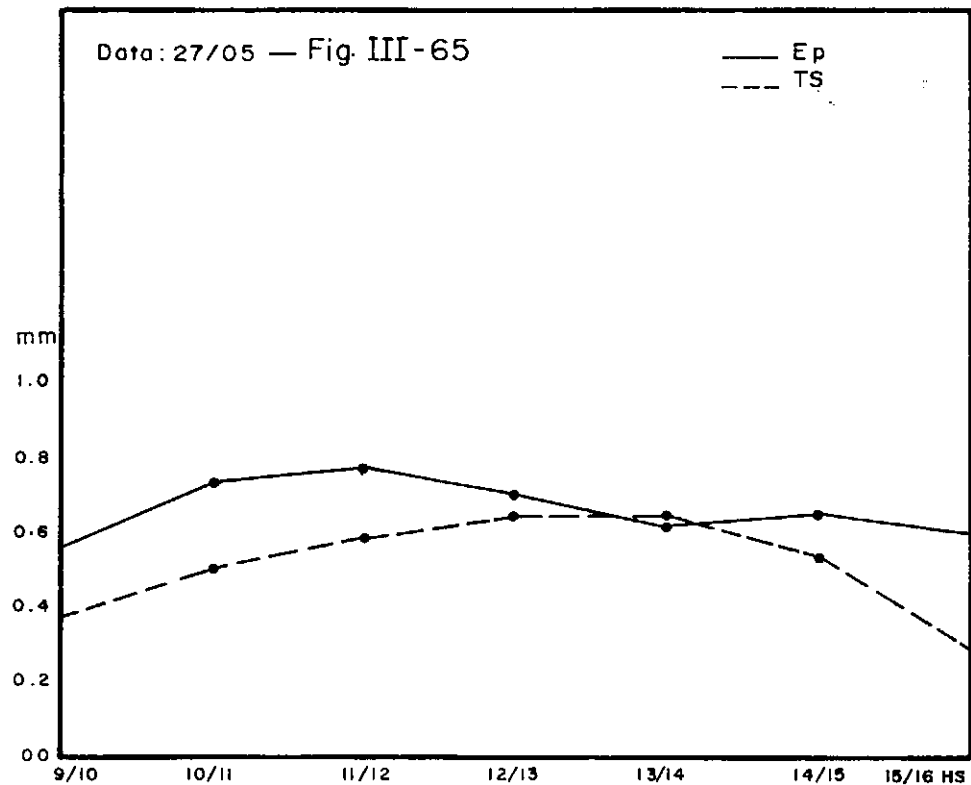








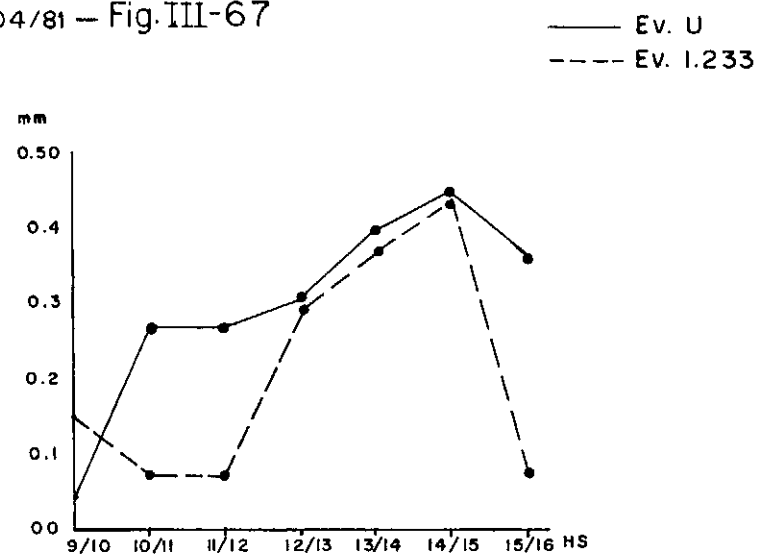




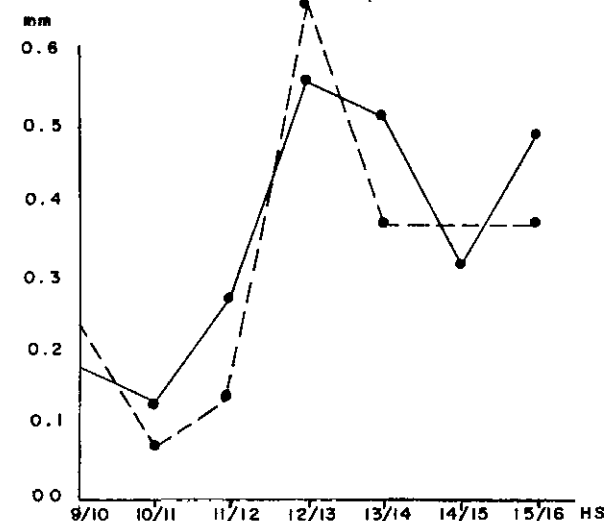


COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES HORÁRIOS DE EV. EM U E VERTICAL (AMBOS À SOMBRA, EM MM.)

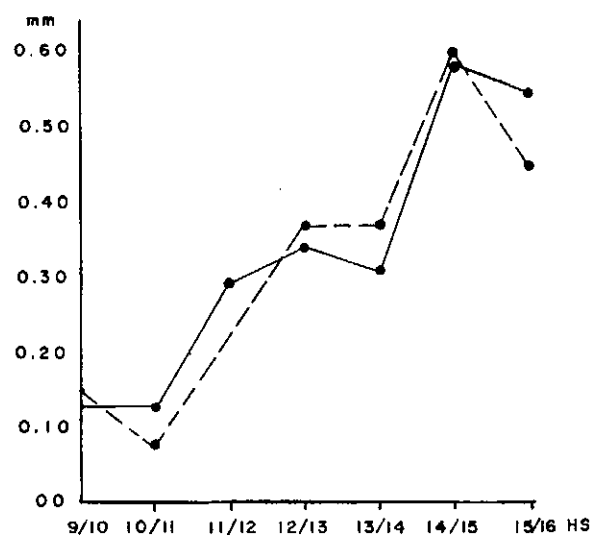
Data: 03/04/81 - Fig. III-67



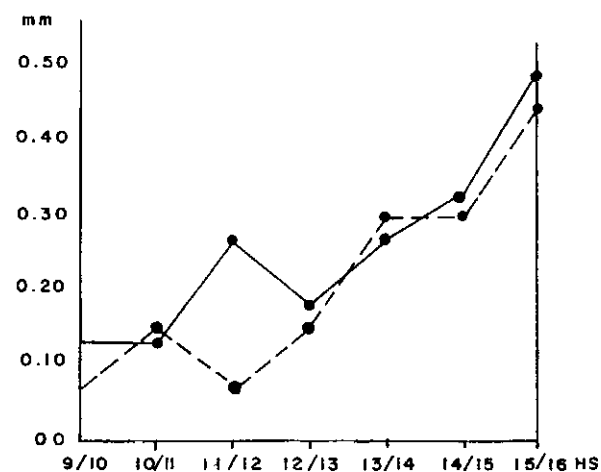
Data: 08/04/81 - Fig. III-69

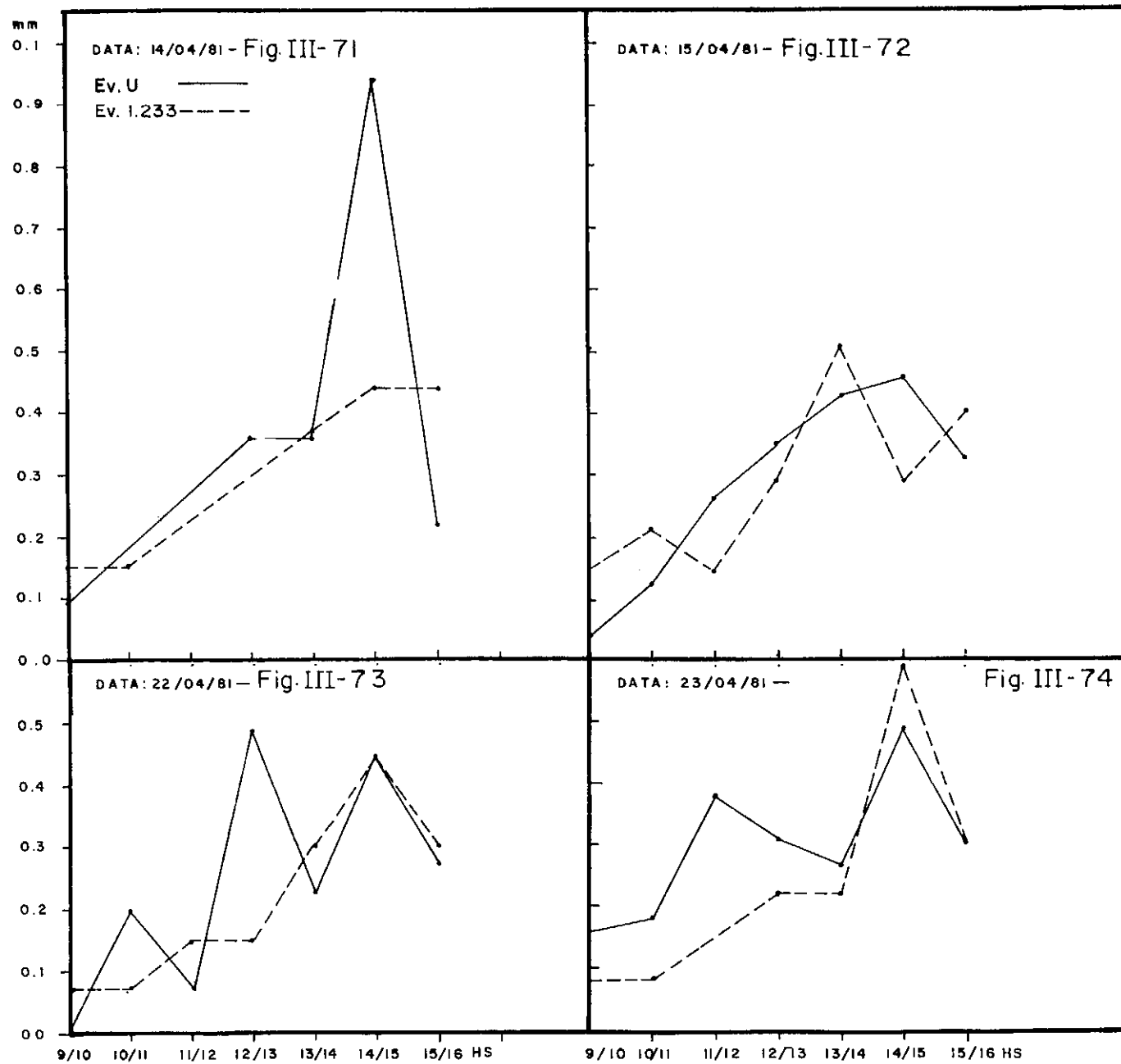


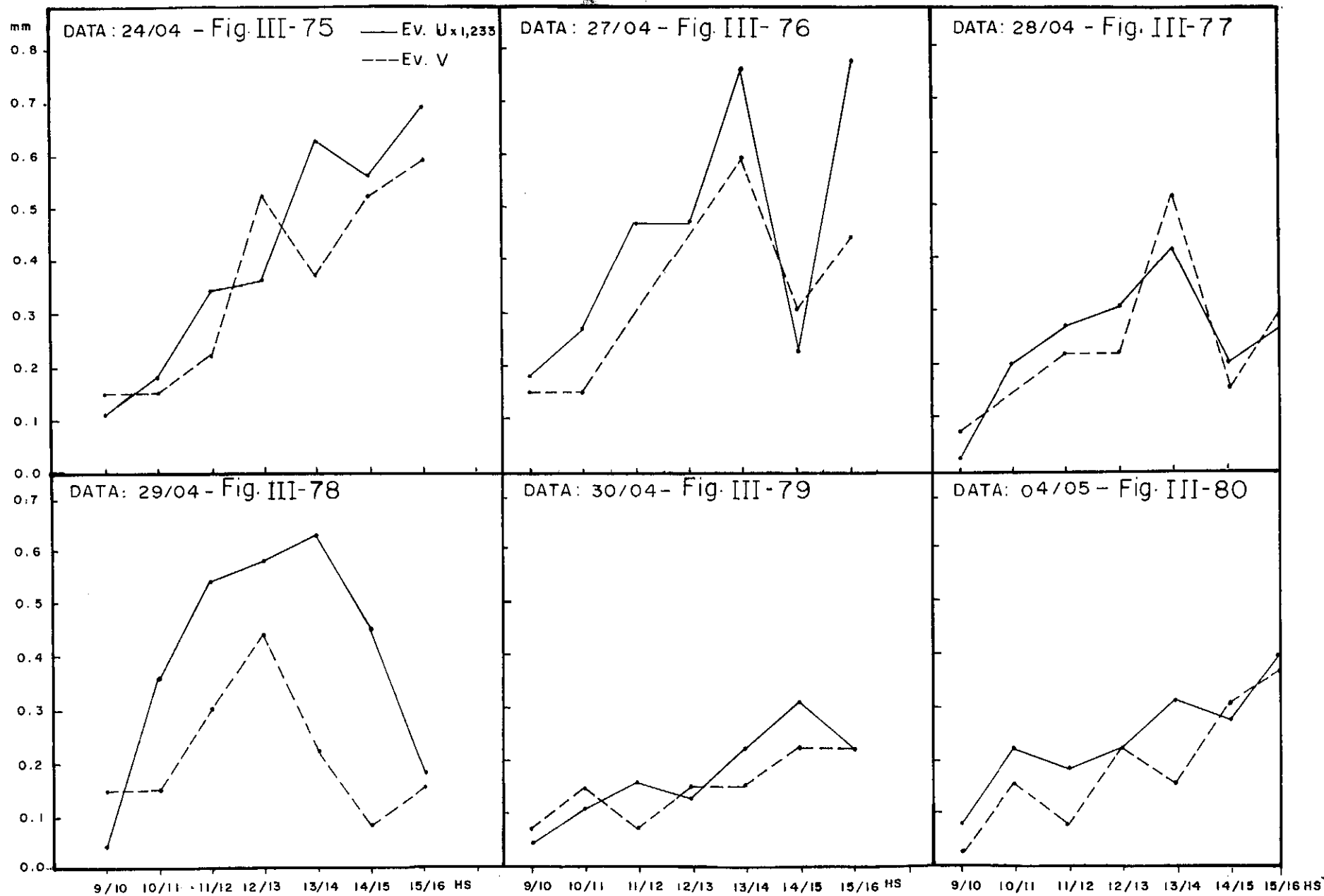
Data: 07/04/81 - Fig. III-68

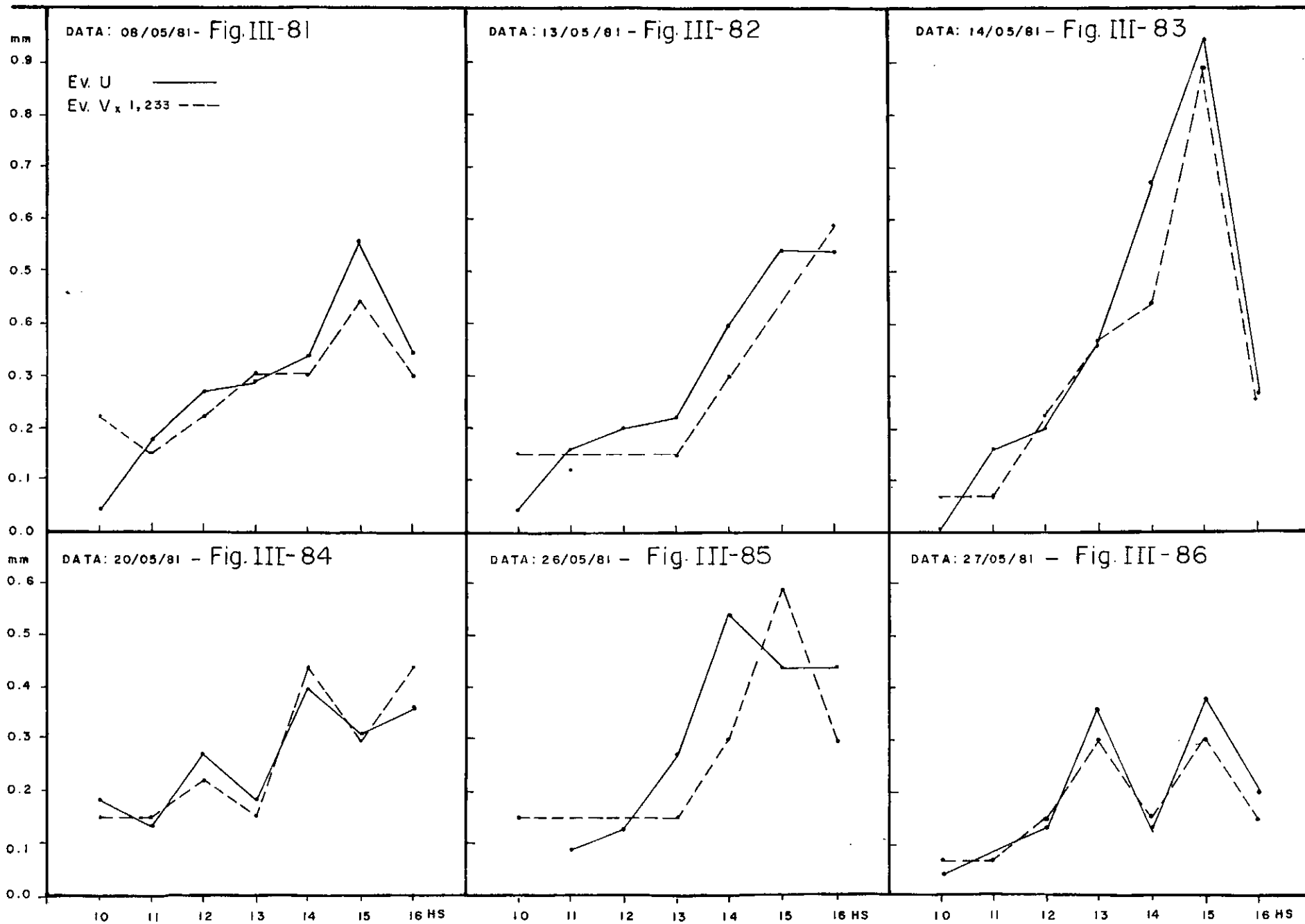


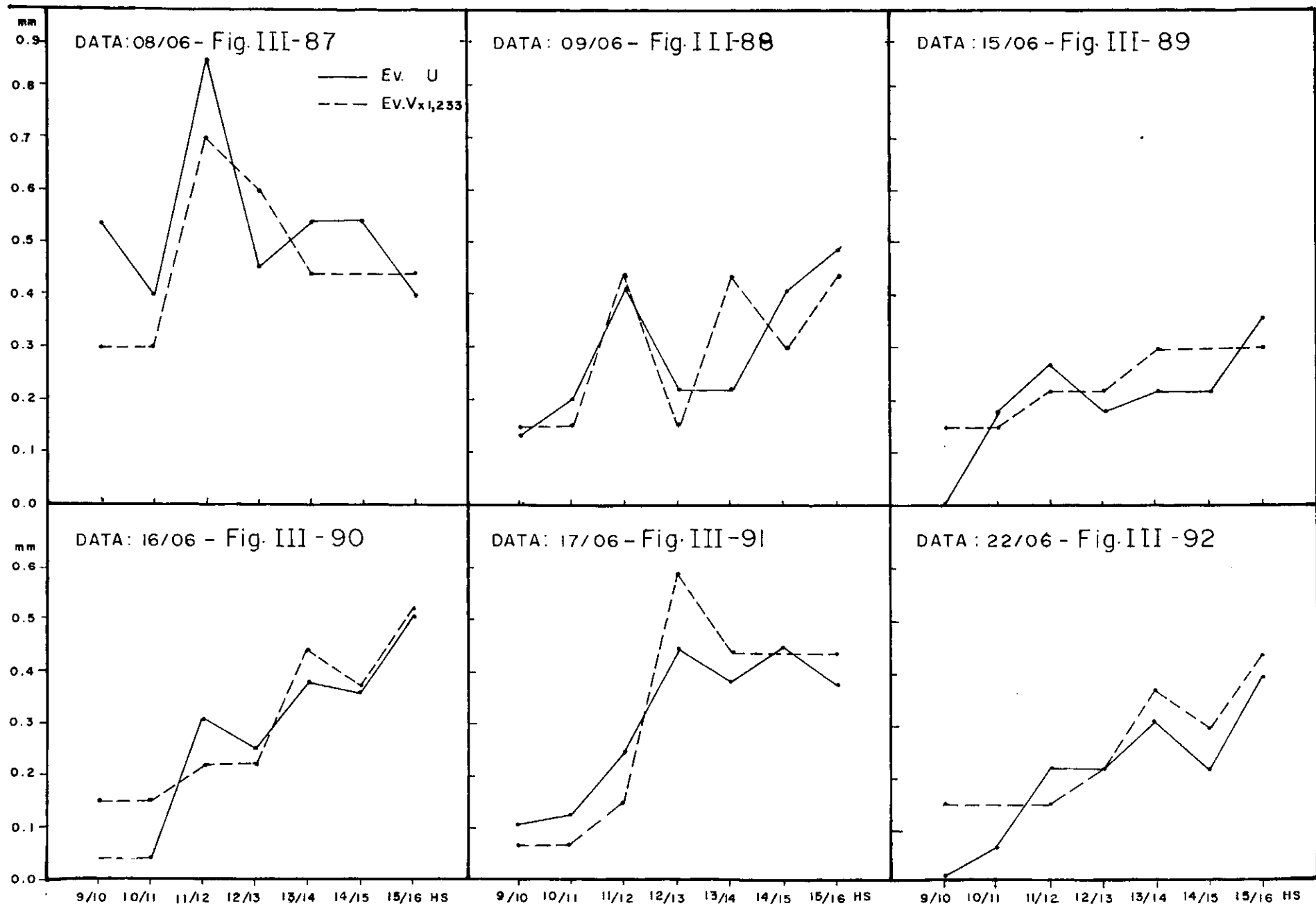
Data: 10/04/81 - Fig. III-70







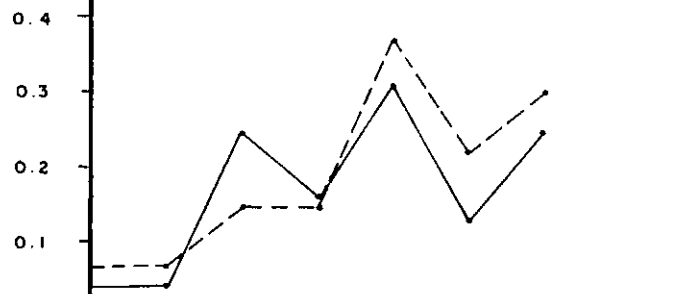




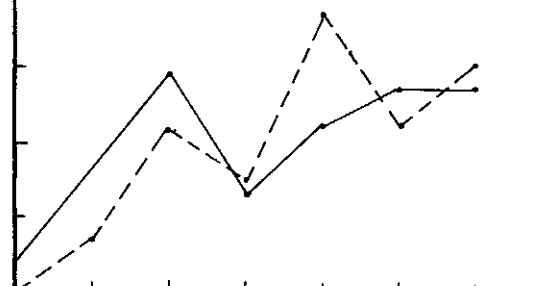
DATA: 23/06 - Fig. III-93

Ev. U ———  
Ev. V - - -

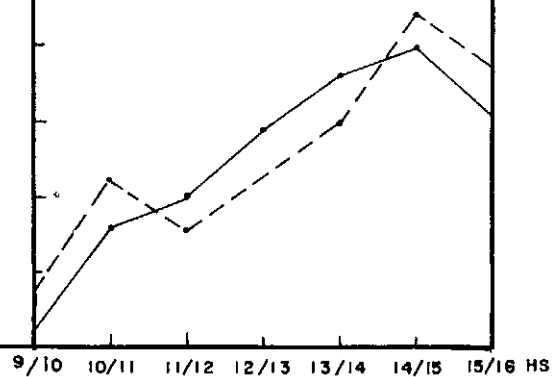
mm



DATA: 24/06 - Fig. III-94

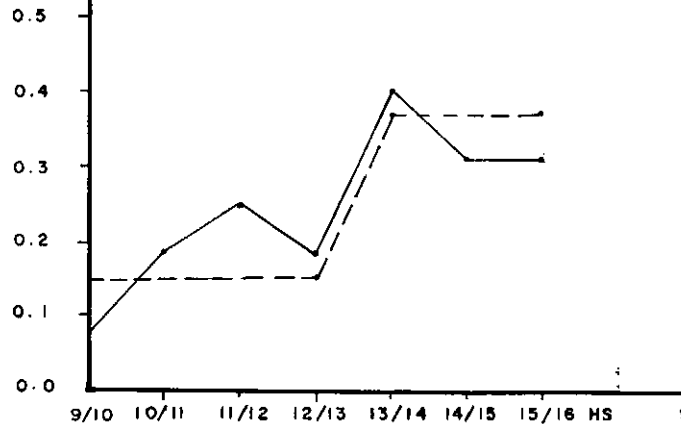


DATA: 26/06 - Fig. III-95



DATA: 29/06 - Fig. III-96

mm



DATA: 30/06 - Fig. III-97



## CAPÍTULO IV - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando-se que quanto menor for intervalo de tempo de observação mais difícil é a avaliação da evaporação e maiores serão os desvios, tomou-se a decisão de analisar primeiramente os dados de evaporação em bases mensais obtidos com os evaporímetros e compará-los com os estimados pela equação de Penman. A análise do Quadro III-2 permitiu verificar que os coeficientes de correlação mensal e para todo o período entre os valores de evaporação estimados pela equação de Penman e os obtidos pelo evaporímetro em U sol foram todos altamente significativos ao nível de 0,5 %, o mesmo não aconteceu com os evaporímetros instalados à sombra. Os fatores de conversão mensais entre Penman X U e, Penman X V, tiveram uma variação bastante grande comparados com a variação entre Penman X U sol.

As diferenças em milímetro e em percentagem calculadas no quadro IV-1 permitiram verificar que o evaporímetro em U sol foi o único aparelho a apresentar resultados muito próximos dos estimados pela equação de Penman, sendo a maior diferença registrada de apenas 9 % no mês de abril.

Quadro IV-1. Diferenças em Milímetro e Percentagem Entre os Valores Médios Mensais de Evaporação Estimados Pela Equação de Penman e os Obtidos Com os Evaporímetros COPPE.

MESES	DIFERENÇAS ENTRE Ep				VERSUS	
	Ev. U SOL x 0,837		Ev. V. 2,908		Ev. U. 2,401	
	mm	%	mm	%	mm	%
ABRIL	-0,47	9,04	0,04	0,80	1,07	20,58
MAIO	0,04	0,80	0,42	8,38	1,03	20,56
JUNHO	0,20	4,37	0,52	11,35	0,48	10,48
JULHO	-0,07	1,46	0,19	3,96	-0,75	15,63
AGOSTO	0,18	3,61	0,15	3,01	-0,43	8,63
SETEMBRO	0,17	2,86	-1,34	22,56	-1,36	22,90

As análises do quadro III-2 e IV-1 são suficientes para mostrar que a ausência direta da insolação nos evaporímetros, não permitiu a obtenção de boas medidas da evaporação, mesmo tratando de bases mensais. Portanto, apenas as medidas de evaporação obtidas com os evaporímetros em forma de U exposto ao sol foram comparadas com os valores estimados pela equação de Penman em bases mensais e diárias.

Tentou-se estabelecer uma regressão linear para diferentes faixas de insolação entre os valores de evaporação obtidos com o evaporímetro em forma de U exposto ao sol, e o evaporímetro em U à sombra, com o objetivo de possibilitar a estimativa da evaporação em função do poder evaporante do ar, considerando-se a influência da insolação. Infelizmente não foi possível determinar as equações lineares em razão da insuficiência de pares de valores evaporados por faixa de insolação.

Em razão dos bons resultados de evaporação medidos pelo evaporímetro em U, como será verificado no desenvolvimento deste capítulo, pôde-se utilizá-lo para analisar o comportamento do evaporímetro vertical em bases mensais, horárias e diárias; podendo-se adiantar ainda que este aparelho não se comportou bem para os valores horários de evaporação.

É possível que o fator de correção para transformar a evaporação obtida no evaporímetro em U exposto ao sol, em evaporação real, seja sazonal, mas como os dados disponíveis foram insuficientes para este tipo de análise, considerou-se como sendo de 0,837 conforme calculado no quadro III-2.

Os resultados analisados foram divididos em três partes, compreendendo respectivamente as comparações em bases médias mensais, diárias e horárias.

#### 4.1. Comparações Médias Mensais

##### 4.1.1. Equação de Penman Versus Evaporímetro em U Sol



A análise do quadro III-2 permitiu os seguintes comentários:

- Os valores estimados pela equação de Penman foram em média 19 % inferiores aos registrados com o evaporímetro em U, tendo as diferenças variado de 15 a 30%.
- Os coeficientes de correlação mensais variaram 0,84110 a 0,97087 e se mostraram altamente significativos ao nível de 0,5 %.
- O coeficiente de correlação para todos os dias estudados foi de 0,90785 e se mostrou altamente significativo ao nível de 0,5, indicando haver uma estreita correlação.

O quadro III-3 mostra que não houve uma concordância de datas para os valores máximos de evaporação nos meses de abril, maio e julho. Entretanto, verificando-se o resultado dos valores diários evaporados nos citados meses, pôde-se concluir que a segunda maior evaporação registrada no evaporímetro em U correspondeu ao mesmo dia da máxima estimada pela equação de Penman, daí o motivo da maior amplitude amostral ter sido encontrada em meses diferentes.

Os coeficientes de variação mostraram que as dispersões em torno da média foram muito próximas (ver quadro III-4).

Setembro, justamente o mês de maior insolação foi também o de maior evaporação enquanto junho o mês de menor insolação apresentou também a menor evaporação (ver quadro III-5)

Os fatores de conversão variaram de 0,77 a 0,88 com um valor médio de 0,837. A figura III-8 mostra esta pequena variação em torno da média para os meses estudados.

O histograma da figura III-6 mostra que os valores médios mensais de evaporação obtidos com o evaporímetro em U aproximaram-se bastante dos estimados pela equação de Penman, sendo a maior diferença de 9%, conforme calculado no quadro IV-1. Esta boa aproximação pode ser também verificada através da figura III-8 onde são traçadas as curvas obtidas com o evaporímetro e equação de Penman. Para evidenciar ainda mais os bons resultados alcançados foram plotados em um gráfico na própria figura III-8, os pontos correspondentes a evaporação Penman versus evaporação em U e traçada uma reta de  $45^{\circ}$ . Todos os pontos ficaram bastante próximos da reta.

#### 4.1.2. Evaporímetro em U Versus Evaporímetro Vertical Ambos Instalados à Sombra.

A análise do quadro III-2 permitiu os seguintes comentários:

- Os valores de evaporação obtidos com o evaporímetro em U foram em média 17% superiores aos obtidos com o evaporímetro vertical, com uma variação de 0,52 a 34%.
- Os coeficientes de correlação mensais variam de 0,79043 a 0,99244 sendo significativos ao nível de 0,5%.
- O coeficiente de correlação para todos os dias estudados foi de 0,90988 sendo significativo ao nível de 0,5%.

O quadro III-3 mostra que não houve uma concórdância de datas para os valores máximos e mínimos evaporados nos meses de maio e julho e a maior e menor amplitude amostral foram re

gistradas nos meses de setembro e maio respectivamente.

Os coeficientes de variação calculados no quadro III-4 indicaram que as variações da evaporação em relação à média obtidos com evaporímetro vertical, foram próximas das obtidas com o evaporímetro em U.

A maior evaporação ocorreu no mês de setembro e a menor no mês de junho para ambos evaporímetros.

Os fatores de conversão médios mensais variaram de 1,01 a 1,51 com um valor médio de 1,233, indicando haver uma razoável dispersão em torno da média (ver figura III-8).

O quadro IV-2 mostra que as diferenças variaram de 7,49% a 24,41% em relação à evaporação obtida com o evaporímetro em U. Estas diferenças também podem ser observadas no histograma da figura III-7 e figura III-8.

Quadro IV-2. Diferenças em Milímetro e Percentagem Entre os Valores Médios Mensais de Evaporação Obtidos Pelos Evaporímetros em U e Vertical.

MESES	DIFERENÇAS ENTRE EV U e EV V x 1,233	
	mm	%
ABRIL	0,40	18,60
MAIO	0,23	12,22
JUNHO	0,15	9,03
JULHO	0,47	24,41
AGOSTO	0,28	13,93
SETEMBRO	0,23	7,49

## 4.2. Comparações Diárias

### 4.2.1. Equação de Penman versus Evaporímetro em U sol

As diferenças em percentagem entre os valores diários de evaporação estimados pela equação de Penman e o Evaporímetro em U variaram de 0,2 à 41,7 (ver quadro 3-3 do apêndice), sendo que apenas 13 dias, num total de 99, foram superiores a 20%. Na figura III-9 pode-se verificar as curvas diárias de evaporação e constatar o excelente comportamento do evaporímetro. Apenas a título de comparação, procedeu-se de forma semelhante para analisar o comportamento do evaporímetro Piche comparado com o Tanque Classe A. Os dados foram obtidos do Relatório Técnico do DNOS (12) para o período de maio a julho de 1970 e os resultados foram os seguintes:

- Diferença Mínima ..... = 0,2%
- Diferença Máxima ..... = 894%
- Nº de dias com mais de 20% de diferença ..... = 39 dias
- Total de dias comparados ..... = 92 dias

Comparou-se também a equação de Penman com o Tanque Classe A x 0,67 a partir dos valores diários de evaporação fornecidos no trabalho do Professor Oliveira (14) para o período de abril a julho de 1968 e obteve-se os seguintes resultados:

- Diferença Mínima ..... = 0,0%
- Diferença Máxima ..... = 536%
- Nº de dias com mais de 20% de diferença ..... = 51 dias
- Nº de dias com mais de 40% de diferença ..... = 29 dias

- Total de dias comparados ..... = 93 dias.

Considerando-se a evaporação diária acumulada, as diferenças foram inferiores a 9% para todos os meses comparados (ver quadro IV-3).

Quadro IV-3: Diferenças Entre os Valores de Evaporação Diária Acumulado, Estimado Pela Equação de Penman e Evaporímetro em U.

MESES	Ep	Ev U SOL x 0,8377	DIFERENÇAS	
			mm	%
ABRIL	78,18	84,95	-6,77	8,66
MAIO	85,16	85,77	-0,61	0,72
JUNHO	86,80	82,85	3,95	4,55
JULHO	72,03	73,11	-1,08	1,50
AGOSTO	84,62	81,64	2,99	3,53
SETEMBRO	95,04	92,27	2,77	2,91

#### 4.2.2. Evaporímetro em U Versus Evaporímetro Vertical

As diferenças entre os valores diários de evaporação obtidos pelo Evaporímetro em U e Evaporímetro Vertical variaram de 0,2% a 257,6% sendo que em 24 dias a diferença foi superior a 20% ou seja, cerca de 75% do total de dias comparados acusou uma

diferença inferior a 20% (ver quadro 3-3 do apêndice e figura III-10).

Wilson de Jesus da Silva (15) obteve uma diferença de 19,4% quando comparou os valores acumulados de evaporação medidos no tanque Classe A Padrão e o Tanque Classe A cercado por telas de arame em um período de 118 dias. Embora este trabalho não seja verificar a influência na evaporação de pequenas alterações feitas diretamente ou indiretamente nos evaporímetros em estudo, este fato serve para mostrar a sensibilidade dos evaporímetros.

As diferenças entre os valores diários de evaporação acumulados mensalmente variaram de 1,77% a 22,76% (ver quadro IV-4).

Quadro IV-4: Diferença Entre a Evaporação Diária Acumulada Obtida Pelo Evaporímetro em U e Vertical

MESES	Ev. U ( mm )	Ev.V x 1.233 ( mm )	DIFERENÇAS	
			mm	%
ABRIL	32,30	26,35	5,95	18,42
MAIO	32,55	28,71	3,84	11,80
JUNHO	32,15	32,94	-0,79	2,46
JULHO	28,82	35,38	-6,56	22,76
AGOSTO	34,18	38,99	-4,81	14,73
SETEMBRO	48,70	49,56	-0,86	1,77

### 4.3. Comparações horárias

#### 4.3.1 Evaporímetro em U Versus Evaporímetro Vertical, Ambos Instalados à Sombra.

As curvas das figuras III-67 até III-97 foram traçadas com o objetivo de verificar o comportamento do evaporímetro vertical na obtenção de valores horários de evaporação em comparação com os obtidos pelo evaporímetro em U. Constatou-se que o evaporímetro vertical apresentou resultados semelhantes em cerca de 45% das curvas comparadas, ou seja a um aumento ou redução da evaporação horária em U acarretava também um aumento ou redução da evaporação horária obtida com o evaporímetro vertical sem que houvesse diferenças acentuadas de evaporação.

O quadro 3-7 do apêndice mostra que o evaporímetro vertical apresentou muitos dias com diferenças acentuadas de evaporação principalmente nos primeiros intervalos de hora.

O evaporímetro vertical não se mostrou muito sensível na medição da evaporação horária para dias de baixa evaporação.

#### 4.3.2. Evaporímetro em U Exposto ao Sol Versus Equação de Penman Modificada para valores horários.

Considerando-se que poucas contribuições foram dadas ao desenvolvimento de fórmulas empíricas capazes de estimar a evaporação com razoável precisão para curtos intervalos de tempo, decidiu-se modificar a equação de Penman partindo-se do fato de que ela sendo ótima para estimar evaporação diária poderia ser também para intervalos horários.

Os resultados estimados pela equação de Penman modificada foram então analisados através de comparações com os obtidos pelo evaporímetro em U.

No quadro 3-4 do apêndice têm-se os valores horários de evaporação obtidos com o evaporímetro em U e estimados pela equação de Penman e as diferenças em mm e em percentagem.

Nos intervalos de 9:00 às 10:00 hs e 10:00 às 11:00 hs a equa -

ção de Penman apresentou resultados sempre superiores aos evaporímetros enquanto nos intervalos de 14 às 15 hs e 15 às 16 hs os resultados foram inferiores. Para os demais intervalos de hora (11-12, 12-13 e 13-14hs) a equação de Penman apresentou resultados com diferença inferior a 30%, em cerca de 70% dos dados.

Infelizmente parece não existir trabalhos envolvendo medidas comparativas de evaporação a níveis horários. Tais estudos poderiam ser muito úteis na avaliação dos valores horários de evaporação estimados pela equação de Penman. Entretanto, os resultados sugerem as seguintes considerações:

- A modificação feita na equação do poder evaporante do ar pode ter sido um fator influente nas diferenças de evaporação registradas nos primeiros e últimos intervalos de hora quando comparados com o evaporímetro.
- Em se tratando de valores horários de evaporação, leituras imprecisas nos aparelhos utilizados para medição dos fatores intervenientes no fenômeno da evaporação podem acarretar erros significativos.

Nas figuras III-11 até III-36 observou-se uma razoável aproximação entre as curvas horárias de evaporação estimadas pela equação de Penman e as obtidas com o evaporímetro em U com exceção dos dias com diferenças acentuadas da evaporação horária.

#### 4.3.3. Equação Tipo Seno de Van Bavel Versus Equação de Penman

As diferenças entre o somatório dos valores horários de evaporação distribuídos pela equação Tipo Seno e o somatório dos valores horários de evaporação estimados pela equação de Penman variaram de 0,69% a 18,99%, sendo que mais de 50% destas



diferenças foram inferiores a 10% (ver quadro 3-5).

Como a equação tipo seno funciona bem para dias claros [2] , nesses dias houve uma boa concordância com os resultados obtidos pela equação de Penman modificada, conforme constatado nas curvas horárias de evaporação apresentadas nas figuras III-37 até III-66.

## V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1. Conclusões

Os valores médios mensais de evaporação obtidos com o evaporímetro em U aproximaram-se bastante dos estimados pela equação de Penman sendo a maior diferença registrada no mês de abril de apenas 9% . Os coeficientes de correlação mostraram-se altamente significativos ao nível de 0,5% aplicando o teste T-de Student para todos os meses estudados e para o total do período.

As comparações em bases diárias com a equação de Penman mostraram que o evaporímetro em U funcionou muito bem. As diferenças variaram de 0,2 a 41,7% sendo que, apenas 13 dias num total de 99 foram superiores a 20%.

Em razão dos bons resultados obtidos com o evaporímetro em U, pôde-se empregá-lo para testar o evaporímetro vertical. As diferenças médias mensais variaram de 7,49 (Setembro) a 24,41% (Julho) e as diferenças diárias de 0,2 a 257,6% sendo que em 70% do total de dias comparados, as diferenças foram inferiores a 20%. As diferenças foram mais acentuadas quando as comparações foram realizadas a nível horário principalmente nos primeiros intervalos de horas ou em dias de baixa evaporação. Experimentalmente, constatou-se uma certa imprecisão do evaporímetro vertical em acusar pequenas variações na evaporação horária.

Utilizou-se também o evaporímetro em U para testar a equação de Penman modificada para estimar a evaporação horária. Os resultados mostraram que a equação de Penman superestimou a evaporação nos primeiros intervalos de horas e subestimou nos últimos intervalos, provavelmente em razão da modificação feita nos coeficientes da equação do poder evaporante do ar.

Outros fatores que certamente influíram nos resultados foram as imprecisões nas próprias leituras dos aparelhos, utilizados para a medição dos fatores intervenientes no fenômeno da evaporação.

As curvas horárias de evaporação empregando-se a equação de Penman aproximaram-se razoavelmente das curvas obtidas com o evaporímetro em U com exceção de alguns dias com diferenças acentuadas da evaporação horária e foram muito próximas das fornecidas pela equação tipo seno de Van Bavel, para dias claros.

## 5.2. Recomendações

Recomenda-se o uso do evaporímetro em U em trabalhos, onde se necessita de uma certa precisão na estimativa da evaporação horária.

Nos estudos de aproveitamento dos recursos hídricos de bacias hidrográficas os evaporímetros em U e Vertical podem ser facilmente instalados nos diversos postos meteorológicos, em substituição aos onerosos e comumente empregados tanques Classe A, sem que haja prejuízo na qualidade dos valores estimados da evaporação.

Vale ressaltar que para uma melhor avaliação dos eva

porímetros é necessário que se dê continuidade ao trabalho, sugerindo-se as seguintes recomendações:

- Conduzir as comparações para pelo menos um período completo de condições meteorológicas.

- Verificar a consistência do aparelho, instalando-se vários aparelhos e comparando-os entre si.

- Estimar a evaporação pelo método de Penman, determinando uma equação do poder evaporante do ar análoga a de Penman, mas que seja válida somente para o período em que são efetuadas as medições nos evaporímetros (9:00 às 16:00 horas).

- Estudar a possibilidade de introduzir aditivos para evitar ou diminuir entupimentos na pedra porosa, sem comprometer o funcionamento do aparelho.

- Instalar um tanque enterrado com 3,6 metros de diâmetro, para que suas medidas sejam comparadas com as obtidas pelos evaporímetros, com o objetivo de testá-los para grandes superfícies líquidas pois segundo SLEIGHT [2], a evaporação que ocorre em um lago é muito próxima da obtida com um tanque enterrado tendo pelo menos o diâmetro acima citado.

- Recomenda-se ainda que se dê continuidade ao estudo comparativo entre os valores de evaporação obtidos nos evaporímetros em forma de U exposto ao sol e à sombra, considerando-se a influência da insolação.

- Analisar a possibilidade de melhor modificar a equação de Penman e comparar os valores horários de evaporação obtidos pelo evaporímetro em forma de U ao sol com os estimados pela equação de Penman modificada.

## BIBLIOGRAFIA

- |1| KOHLER, M.A. e PARMELE, L.H., "Generalized Estimates Free-Water Evaporation", Water Resources Research, vol.3, nº 4: 997-1.005, (1967)
- |2| SLEIGHT, R.B., "Evaporation From the Surfaces of Water and River Bed Material", J. Agriculture Research, vol.7: 209-261, (1917) apud Oliveira, A.S., Estudos Comparativos da Evaporação Potencial Estimada por Tanques e Pelo Método de Penman, Tese para obtenção do título de Livre-Docente em Construções Rurais e Hidráulica na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo-Piracicaba/SP, (1971)
- |3| VAN BAVEL, C.H.M., "Potential Evaporation; The Combination and Its Experimental Verificação", Water Resources Research, vol. 2, nº 3: 455-468, (1966)
- |4| CHOW, V.T., "Handbook of Applied Hydrology", Editora Mac Graw-Hill
- |5| LOUW, W.J., KRUGER, J.P., "The Correlation of Class a Pan Evaporation With Various Climatic Factors in South Africa", J. of Hydrology, vol. 16: 29-38, (1967)
- |6| REMENIERAS, G, "Tratado de Hidrologia Aplicada", Editora Técnicos Associados - Barcelona, (1971)
- |7| SWAMI, M.V. e MATTOS, A. Hidrologia Aplicada, Editora Mc Graw-Hill Ltda.
- |8| PENMAN, H.L., "Natural Evaporation From Open Water, Bare Soil and Grass", Proc. Roy Soc., London, A-193:120 - 145, (1948)

- |9| MAGALHAES, P.C., Versão COPPE do TWN para Simulação em Bacias Hidrográficas com Solos Residuais, Tese Para Obtenção de Mestre em Ciência - COPPE/UFRJ, (1974).
- |10| GANGOPADHYAYA, M. et alli, "Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration", World Meteorological Organization Technical Note nº 83: 01-39, (1966)
- |11| CLABORN, B.J. e MOORE, W.L., "Numerical Simulation of Waters "Hydrology Dep. Civil Eng. University of Texas, at Austin, Technical Report Hyd.14-7.001, (1970 )  
apud MAGALHAES, P.C., Versão COPPE TWN. Para Simulação em Bacias Hidrográficas com Solos Residuais, Tese para Obtenção de Mestre em Ciência - COPPE/UFRJ, (1974)
- |12| DNOS/MINTER, Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai, Relatório Técnico vol. 1: 98-105, (1974)
- |13| UNESCO, "Guia Metodológica Para La Elaboration del Balance Hídrico de América del Sur", Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia de la Unesco para América Latina y el Caribe-Roshtlac-Montivideo (1982)
- |14| OLIVEIRA, A.S., Estudos Comparativos da Evaporação Potencial estimada por Tanques e pelo Método de Penman, Tese para obtenção do título de Livre-Docente em Construções Rurais e Hidráulica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo-Piracicaba/SP, (1971)
- |15| SILVA, W.J. et alli, Estimativa da Evaporação Potencial em Condições de Campo, Usando o Tanque "Classe A", Modificado, Revista CERES, vol. 27: 291-301, (1980).

## APÊNDICE

Quadro 3-1: Valores horários da velocidade do vento, temperatura do bulbo seco e úmido, e evaporação dos evaporímetros.

Data: 02/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. em U	Ev. Vert.	Ev. Usol
9:00	0,0	23,4	21,5	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	23,2	21,8	0,02	0,06	0,07
11:00	0,0	24,0	21,8	0,04	0,06	0,34
12:00	0,5	24,8	21,8	0,02	0,00	0,27
13:00	0,5	24,4	21,2	0,13	0,06	0,51
14:00	0,0	24,5	21,0	0,13	0,00	0,36
15:00	0,5	25,3	21,1	0,13	0,00	0,45
16:00	1,0	25,8	20,9	0,18	0,00	0,60
Média	0,4	24,4	21,4			
Ev. diária				0,65	0,18	2,60

Obs.: tempo totalmente nublado

Data: 03/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. em U	Ev. Vert.	Ev. Usol
9:00	0,0	25,9	21,9	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	26,3	22,4	0,04	0,12	0,63
11:00	0,5	27,1	22,0	0,27	0,06	0,96
12:00	1,0	28,1	23,1	0,27	0,06	1,36
13:00	3,0	28,5	22,6	0,31	0,24	1,52
14:00	2,0	28,4	22,5	0,40	0,30	1,34
15:00	2,0	28,0	22,7	0,45	0,36	1,34
16:00	5,0	27,5	22,5	0,36	0,06	1,07
Média	1,7	27,5	22,5			
Ev. diária				2,11	1,20	8,22



## Continuação do quadro 3-1

Data: 07/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. em U	Ev. Vert.	Ev. Usol
9:00	2,0	26,8	23,9	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	27,9	24,6	0,13	0,12	0,67
11:00	2,0	28,9	24,8	0,13	0,06	0,76
12:00	2,0	29,5	24,4	0,29	0,18	1,32
13:00	1,0	30,5	24,5	0,34	0,30	1,43
14:00	4,0	31,9	25,0	0,31	0,30	1,36
15:00	4,0	29,5	23,9	0,58	0,48	1,56
16:00	4,0	27,9	23,0	0,54	0,36	1,25
Média	2,4	29,1	24,3			
Ev. diária				2,32	1,80	8,35

Data: 08/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. em U	Ev. Vert.	Ev. Usol
9:00	3,0	27,7	23,5	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	28,0	24,0	0,18	0,18	1,07
11:00	1,0	29,0	24,0	0,13	0,06	0,85
12:00	2,0	30,0	24,0	0,27	0,12	1,21
13:00	3,0	29,0	23,5	0,56	0,54	2,30
14:00	4,0	28,9	22,5	0,51	0,30	1,50
15:00	3,5	28,5	22,6	0,31	0,30	0,89
16:00	4,0	27,7	22,2	0,49	0,30	1,18
Média	2,7	28,6	23,3			
Ev. diária				2,45	1,80	9,00

## Continuação do quadro 3-1

Data: 10/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. U	Ev. V	Ev. Usol
9:00	1,0	23,4	21,2	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	24,2	20,8	0,04	0,06	0,60
11:00	0,0	25,0	20,8	0,13	0,12	0,69
12:00	0,5	25,1	20,9	0,27	0,06	0,98
13:00	0,0	25,1	20,9	0,18	0,12	0,47
14:00	2,0	26,6	21,3	0,27	0,24	0,83
15:00	1,5	26,5	20,8	0,32	0,24	0,63
16:00	3,5	27,0	20,8	0,49	0,36	0,63
Média	1,3	25,4	20,09			
Ev.diária				1,70	1,20	4,83

Data: 13/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev.U	Ev.V	Ev.Usol
9:00	2,0	25,8	21,4	0,00	0,00	0,00
10:00	2,0	25,5	20,9	0,13	0,06	0,60
11:00	1,5	27,0	21,0	0,31	0,18	1,03
12:00	0,0	27,8	20,5	0,27	0,12	1,12
13:00	2,0	28,0	21,0	0,36	0,00	1,34
14:00	3,3	28,3	21,0	0,54	0,36	1,43
15:00	4,5	28,8	21,0	0,85	0,84	1,79
16:00	5,0	27,4	19,5	0,72	0,48	1,16
Média	2,5	27,3	20,8			
Ev.diária				3,18	2,04	8,47

## Continuação do quadro 3-1

Data: 14/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. U	Ev. V	Ev. Usol.
9:00	1,0	24,0	20,1	0,00	0,00	0,00
10:00	2,5	24,9	20,9	0,09	0,12	0,44
11:00	1,5	26,0	21,4	0,18	0,12	0,78
12:00	1,5	27,3	21,4	0,27	0,18	1,14
13:00	0,0	28,7	21,8	0,36	0,24	1,25
14:00	1,0	28,9	21,5	0,36	0,30	1,21
15:00	3,0	28,2	22,9	0,94	0,36	1,39
16:00	5,0	27,5	21,0	0,22	0,36	1,10
Média	1,9	26,9	21,4			
Ev. diária				2,42	1,68	7,31

Data: 15/04/81

Horas	Vel. vento m/s.	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
		B.S.	B.U.	Ev. U	Ev. V	Ev. Usol.
9:00	1,0	25,2	22,1	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	25,9	22,4	0,04	0,12	0,45
11:00	0,5	27,9	23,0	0,13	0,18	0,80
12:00	0,0	29,0	22,7	0,27	0,12	1,10
13:00	0,0	30,0	22,9	0,36	0,24	1,25
14:00	2,5	30,0	22,9	0,44	0,42	1,41
15:00	2,0	29,5	23,0	0,47	0,24	0,94
16:00	3,0	30,0	23,0	0,34	0,30	0,85
Média	1,3	28,4	22,8			
Ev. diária				2,05	1,62	6,80

## Continuação do quadro 3-1

Data: 22/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	2,0	24,0	20,5	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	24,5	20,0	0,00	0,06	0,18
11:00	0,0	25,9	20,5	0,20	0,06	0,85
12:00	1,0	27,2	21,0	0,07	0,12	1,07
13:00	0,0	27,9	22,0	0,49	0,12	1,16
14:00	1,0	28,5	22,0	0,22	0,24	1,07
15:00	0,0	28,8	22,0	0,45	0,36	1,16
16:00	2,0	27,9	21,5	0,27	0,24	0,85
Média	0,8	26,8	21,2			
Ev. diária				1,70	1,20	6,34

Data: 23/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	25,8	22,1	0,00	0,00	0,00
10:00	0,5	26,7	22,3	0,16	0,06	0,49
11:00	0,0	28,2	22,8	0,18	0,06	0,89
12:00	1,5	30,0	23,5	0,38	0,12	1,63
13:00	3,0	30,2	23,4	0,31	0,24	0,83
14:00	3,0	30,5	24,0	0,27	0,18	0,96
15:00	1,5	31,0	23,9	0,49	0,48	1,41
16:00	0,0	30,0	23,2	0,31	0,24	0,83
Média	1,2	29,1	23,2			
Ev. diária				2,1	1,32	7,28

## Continuação do quadro 3-1

Data: 24/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,0	27,1	23,1	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	28,8	24,0	0,11	0,12	0,54
11:00	0,0	30,9	25,0	0,18	0,12	0,76
12:00	1,5	31,0	24,8	0,34	0,18	1,36
13:00	2,0	30,9	24,5	0,36	0,42	1,18
14:00	2,5	31,2	24,1	0,23	0,30	1,83
15:00	4,0	31,2	23,8	0,56	0,42	1,16
16:00	3,5	28,0	21,5	0,69	0,48	2,01
Média	1,8	29,9	23,9			
Ev. diária				2,87	2,04	8,84

Data: 27/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
9:00	0,0	29,8	24,0	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	30,0	24,5	0,18	0,12	0,56
11:00	1,0	31,3	24,9	0,27	0,12	0,92
12:00	3,0	33,8	24,2	0,47	0,24	2,15
13:00	5,0	34,3	24,9	0,47	0,36	1,48
14:00	2,0	34,3	24,9	0,76	0,48	1,70
15:00	0,0	34,3	24,6	0,22	0,24	1,52
16:00	0,0	34,9	25,8	0,72	0,36	0,80
Média	1,4	32,8	24,7			
Ev. diária				3,09	1,92	9,13

## Continuação do quadro 3-1

Data: 28/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	28,2	23,9	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	28,0	24,0	0,02	0,06	0,27
11:00	1,0	28,9	24,0	0,20	0,12	0,80
12:00	1,5	28,9	24,5	0,27	0,18	0,94
13:00	2,0	30,1	24,8	0,31	0,18	1,16
14:00	0,0	28,3	23,8	0,42	0,42	1,12
15:00	0,0	28,1	23,8	0,20	0,12	0,13
16:00	0,0	28,0	24,0	0,27	0,24	0,67
Média	0,7	28,6	24,1			
Ev. diária				1,69	1,32	5,09

Obs: Dia parcialmente nublado.

Data: 29/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	27,3	22,8	0,00	0,00	0,00
10:00	2,0	29,3	23,1	0,04	0,12	0,72
11:00	3,5	30,5	23,4	0,36	0,12	0,76
12:00	3,5	31,0	23,5	0,54	0,24	1,25
13:00	2,0	31,2	24,0	0,58	0,36	1,21
14:00	4,0	29,9	23,0	0,63	0,18	1,16
15:00	0,0	26,1	22,9	0,45	0,06	0,72
16:00	2,0	25,3	22,0	0,18	0,12	0,32
Média	2,1	28,8	23,1			
Ev. diária				2,78	1,20	6,14

Obs: Dia nublado

## Continuação do quadro 3-1

Data: 30/04/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,5	21,4	18,9	0,00	0,00	0,00
10:00	4,0	22,6	19,3	0,04	0,06	0,31
11:00	2,5	22,8	19,4	0,11	0,12	0,36
12:00	2,5	22,7	19,5	0,16	0,06	0,47
13:00	2,5	23,0	19,8	0,13	0,12	0,40
14:00	6,5	23,9	19,3	0,22	0,12	0,60
15:00	3,5	23,3	19,5	0,31	0,18	0,51
16:00	2,0	23,6	19,4	0,22	0,18	0,45
Média	3,1	23,9	19,4			
Ev. diária				1,19	0,84	3,10

Obs: Tempo nublado

Data: 04/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporacao em mm		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,5	25,9	23,0	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	26,3	23,8	0,13	0,00	0,40
11:00	1,5	26,8	23,7	0,22	0,12	0,89
12:00	1,5	27,8	24,0	0,18	0,06	2,21
13:00	1,5	28,8	24,0	0,22	0,18	0,11
14:00	2,0	28,7	23,8	0,31	0,12	1,97
15:00	0,0	28,8	23,8	0,27	0,24	0,85
16:00	3,0	26,5	23,0	0,40	0,30	0,94
Média	1,6	27,5	23,6			
Ev. diária				1,73	1,02	7,37

Data: 05/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporacao em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	26,1	23,3	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	26,1	23,4	0,09	0,06	0,36
11:00	2,0	27,0	23,6	0,18	0,12	0,76
12:00	2,0	27,6	23,8	0,18	0,18	1,25
13:00	2,5	28,0	23,8	0,27	0,18	0,83
14:00	4,0	28,0	23,2	0,36	0,24	1,32
15:00	3,0	28,0	23,2	0,31	0,24	1,01
16:00	3,0	27,0	22,8	0,45	0,36	0,87
Média	2,1	27,1	23,4			
Ev. diária				1,84	1,38	6,40



Data: 06/05/81

Horads	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporacao em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	U sol
9:00	2,5	25,5	23,0	0,00	0,00	0,00
10:00	2,0	25,9	23,0	0,04	0,12	0,40
11:00	3,0	26,5	23,8	0,13	0,12	0,67
12:00	3,0	27,0	23,2	0,16	0,12	0,85
13:00	0,0	28,4	23,5	0,34	0,24	1,34
14:00	1,5	29,0	23,8	0,18	0,12	0,76
15:00	3,5	28,8	23,0	0,40	0,24	1,07
16:00	4,5	25,5	22,8	0,36	0,36	0,83
Média	2,5	27,1	23,3			
Ev. diária				1,61	1,32	5,92

Data: 07/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporacao em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	U sol
9:00	2,0	25,5	22,1	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	25,2	23,0	0,04	0,12	0,54
11:00	0,0	26,7	22,5	0,13	0,00	0,72
12:00	2,0	27,2	22,3	0,27	0,00	1,18
13:00	4,0	27,2	22,0	0,31	0,12	1,48
14:00	4,0	27,2	21,5	0,51	0,36	0,96
15:00	5,0	26,2	22,0	0,38	0,12	0,89
16:00	3,0	25,2	21,5	0,36	0,24	0,80
Média	2,6	26,2	22,1			
Ev. diária				2,00	0,96	6,57

Data: 08/05/81

Horas	Vel..vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	Ev. em U	Ev. Vert.	Ev. U sol
9:00	2,0	25,5	22,1	0,00	0,00	0,00
10:00	2,5	25,8	21,9	0,04	0,18	0,54
11:00	2,0	26,4	21,6	0,18	0,12	0,76
12:00	2,0	27,0	22,0	0,27	0,18	1,07
13:00	2,5	27,9	22,2	0,29	0,24	1,21
14:00	2,0	27,8	21,8	0,34	0,24	1,14
15:00	5,0	27,8	21,8	0,56	0,36	1,36
16:00	2,0	27,0	21,8	0,34	0,24	0,80
Média	2,5	26,9	21,9			
Ev. diária				2,02	1,56	6,88

Data: 11/05/81

Horas	Vel..vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	Ev. em U	Ev. Vert.	Ev. Usol
9:00	0,0	27,5	23,5	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	28,7	24,4	0,09	0,12	0,63
11:00	2,0	29,0	23,9	0,16	0,18	0,67
12:00	1,0	29,9	24,1	0,07	0,18	1,14
13:00	4,0	30,7	24,0	0,63	0,24	1,32
14:00	2,0	30,5	23,0	0,51	0,48	1,32
15:00	2,0	31,0	24,0	0,42	0,24	0,96
16:00	2,0	30,2	23,0	0,49	0,42	1,03
Média	1,6	29,7	23,7			
Ev. diária				2,37	1,86	7,07

Data: 12/0581

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,5	25,0	22,0	0,00	0,00	
10:00	1,0	26,0	22,0	0,09	0,12	0,49
11:00	1,5	27,2	22,8	0,16	0,18	0,67
12:00	2,0	28,0	22,9	0,38	0,18	1,56
13:00	2,0	28,3	22,5	0,22	0,12	0,72
14:00	2,5	29,0	23,0	0,45	0,36	1,36
15:00	1,0	31,0	23,7	0,49	0,24	1,23
16:00	3,0	27,5	22,3	0,40	-	0,76
Média	1,8	27,8	22,7			
Ev. diária				2,19	1,20	6,79

Data: 13/05881

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	22,5	20,9	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	25,5	22,0	0,04	0,12	0,36
11:00	3,0	26,0	22,5	0,16	0,00	0,76
12:00	2,0	28,2	23,0	0,20	0,12	0,94
13:00	2,0	28,5	23,1	0,22	0,12	0,96
14:00	3,0	29,5	20,5	0,40	0,24	1,41
15:00	3,0	28,5	21,8	0,54	0,36	1,12
16:00	4,0	27,5	21,0	0,54	0,48	0,98
Média	2,1	27,0	21,9			
Ev. diária				2,10	1,44	6,53

Data: 14/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,0	24,5	22,0	0,00	0,00	0,00
10:00	0,00	25,5	22,5	0,00	0,06	0,31
11:00	2,0	27,5	23,0	0,16	0,06	0,76
12:00	2,0	29,3	23,6	0,20	0,18	0,96
13:00	3,0	31,0	23,0	0,36	0,30	1,27
14:00	5,0	32,0	21,0	0,67	0,36	1,70
15:00	2,0	32,0	22,0	0,94	0,72	1,97
16:00	0,0	32,4	23,5	0,27	0,18	0,54
Média	1,9	29,3	22,6			
Ev. diária				2,6	1,86	7,51

Data: 15/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	25,0	20,1	0,00	0,00	0,00
10:00	4,0	28,8	21,4	0,13	0,24	0,72
11:00	3,0	29,7	22,9	0,67	0,24	1,34
12:00	2,5	29,8	22,9	0,38	0,24	0,94
13:00	3,5	29,9	23,0	0,69	0,48	1,45
14:00	3,5	31,2	23,9	0,31	0,24	0,76
15:00	3,5	29,5	22,5	0,51	0,30	1,63
16:00	3,5	29,5	22,5	0,51	0,30	1,63
Média	3,0	29,1	22,4			
Ev. diária				2,69	1,74	6,84

Data: 18/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,5	24,9	22,4	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	26,4	22,9	0,00	0,12	0,29
11:00	2,0	26,3	22,0	0,13	0,12	0,76
12:00	1,0	26,5	21,9	0,31	0,18	0,96
13:00	2,5	26,5	21,9	0,18	0,12	0,45
14:00	2,0	27,5	22,4	0,34	0,30	0,84
15:00	4,0	25,9	20,1	0,45	0,30	0,96
16:00	4,0	25,2	19,9	0,38	0,30	0,65
Média	2,1	26,2	21,7			
Ev. diária				1,79	1,44	4,91

Obs.: Tempo nublado

Data: 20/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	25,4	21,1	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	25,0	21,5	0,18	0,12	0,40
11:00	1,0	26,0	21,8	0,13	0,12	0,13
12:00	1,0	28,5	22,8	0,27	0,18	1,43
13:00	1,0	29,0	22,5	0,18	0,12	0,67
14:00	1,0	29,0	22,1	0,40	0,36	1,25
15:00	1,0	30,0	21,5	0,31	0,24	0,98
16:00	0,0	30,0	22,0	0,36	0,36	0,80
Média	0,8	27,9	21,9			
Ev. diária				1,83	1,50	5,66

Data: 22/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,5	23,0	21,1	0,00	0,00	0,00
10:00	0,0	24,8	21,5	0,07	0,12	0,36
11:00	2,0	26,0	22,0	0,11	0,12	0,72
12:00	2,0	27,0	22,0	0,18	0,06	0,74
13:00	2,0	27,3	22,0	0,27	0,18	1,10
14:00	1,0	26,8	22,1	0,34	0,18	1,14
15:00	3,0	25,0	21,0	0,34	0,30	0,69
16:00	2,0	25,0	20,5	0,27	0,24	0,51
Média	1,6	25,6	21,5			
Ev. diária				1,58	1,20	5,26

Obs.: Tempo nublado

Data: 25/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	23,4	20,5	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	24,0	21,0	0,09	0,12	0,49
11:00	0,5	24,9	21,0	0,18	0,12	0,49
12:00	2,5	26,0	21,0	0,27	0,24	0,87
13:00	1,5	27,0	21,7	0,22	0,12	0,78
14:00	1,0	26,8	21,5	0,22	0,24	1,21
15:00	1,0	27,0	22,0	0,67	0,42	0,80
16:00	2,5	25,4	19,8	0,40	0,30	0,67
Média	1,3	25,6	21,1			
Ev. diária				2,05	1,56	5,31

Data: 26/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	1,0	23,0	20,5	0,00	0,00	0,00
10:00	2,0	24,4	20,7	0,09	0,12	0,63
11:00	2,0	24,9	21,0	0,09	0,12	0,45
12:00	3,0	26,0	21,0	0,13	0,12	0,89
13:00	3,0	27,0	21,3	0,27	0,12	1,03
14:00	3,0	28,0	21,6	0,54	0,24	1,25
15:00	2,5	26,8	21,0	0,34	0,48	0,98
16:00	2,5	25,5	20,5	0,34	0,24	0,58
Média	2,4	25,7	21,0	.		
Ev. diária				1,80	1,44	5,81

Data: 27/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	23,0	20,3	0,00	0,00	0,00
10:00	1,5	24,4	19,0	0,04	0,06	0,40
11:00	1,5	24,8	20,1	0,09	0,06	0,36
12:00	1,5	25,5	21,0	0,13	0,12	0,67
13:00	0,0	25,9	21,0	0,36	0,24	1,61
14:00	3,0	25,9	21,0	0,13	0,12	0,40
15:00	3,0	25,0	20,8	0,38	0,24	0,89
16:00	0,0	24,5	20,8	0,20	0,12	0,40
Média	1,30	24,9	20,5			
Ev. diária				1,33	0,96	4,73

Data: 28/05/81

Horas	Vel. vento	Temperatura °C		Evaporação em mm.		
	m/s.	B.S.	B.U.	U	Vert.	Usol
9:00	0,0	22,0	20,0	0,00	0,00	0,00
10:00	1,0	23,4	20,9	0,04	0,06	0,04
11:00	3,0	24,9	21,5	0,09	0,12	0,58
12:00	2,5	26,0	21,5	0,09	0,18	0,63
13:00	1,0	25,5	20,5	0,31	0,12	1,12
14:00	0,0	23,7	20,9	0,22	0,18	0,18
15:00	1,0	23,5	20,5	0,13	0,12	0,22
16:00	0,0	23,0	20,0	0,13	0,06	0,13
Média	1,1	24,0	20,7			
Ev. diária				1,01	0,84	2,9

Obs.: ocorrência de chuva das 13:00 às 13:45 hs. Tempo nublado a partir das 13:00hs.



QUADRO 3.2 — Insolação Incidente em Cal./cm.<sup>2</sup>

Mês: Abril/81

Data	Hora		Insolação Horária							Ins.no Interv. 9às16hs	Ins. Diária
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
02/4	5	7	9	17	24	16	14	20	19	153	171
*03/4	35	52	65	73	73	70	61	47	28	401	529
*07/4	28	42	59	70	72	69	58	42	25	409	488
*08/4	36	54	64	70	72	68	57	42	23	387	482
10/4	28	30	50	51	18	14	20	13	21	220	299
14/4	18	27	54	67	70	66	54	38	20	392	446
15/4	26	44	56	66	37	31	41	37	5	348	413
22/4	20	40	48	53	54	51	36	21	14	297	412
23/4	31	47	56	65	61	48	55	38	17	359	433
24/4	29	38	62	60	59	55	47	23	5	344	404
27/4	26	44	56	62	64	57	17	16	15	318	408
28/4	26	30	49	29	31	25	14	9	6	230	282
29/4	13	13	39	54	41	28	19	12	7	207	235
30/4	2	5	37	11	10	19	17	16	9	125	140

Maio/81

04/5	24	37	23	56	60	55	46	26	5	314	369
05/5	16	39	52	59	60	55	48	32	14	336	390
06/5	26	37	51	56	62	60	48	28	15	336	387
*07/5	28	43	54	62	62	58	48	35	17	362	430
*08/5	32	42	54	62	61	57	48	33	15	358	424
*11/5	24	39	51	58	56	52	40	31	12	322	376
*12/5	20	38	50	57	56	53	41	16	7	308	355
13/5	13	38	49	56	58	56	46	30	14	322	363
*14/5	23	39	51	57	60	55	47	33	15	333	387
18/5	10	20	51	31	31	21	35	8	7	195	225
20/5	8	30	47	49	54	52	47	28	13	294	345
22/5	9	36	39	58	59	56	26	11	8	287	320
25/5	20	32	38	27	53	44	38	24	12	261	314
*26/5	20	35	45	53	54	52	44	27	10	297	343
27/5	20	35	45	51	52	45	32	20	8	270	311
28/5	8	19	46	53	55	24	8	4	3	203	229

## Continuação do Quadro 3.2

Mês: Junho/81

Data	Hora									Ins.no Interv. 9às16hs	Ins. Diária
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
01/6	26	40	50	56	57	33	31	31	10	325	381
02/6	25	33	43	48	45	39	36	21	7	275	330
04/6	13	30	20	49	30	4	12	8	3	154	193
05/6	7	18	31	38	33	40	45	30	14	259	286
*08/6	17	35	50	55	57	53	43	29	13	324	369
*09/6	20	36	45	52	55	47	39	26	10	295	345
*10/6	19	36	48	55	57	53	44	29	13	314	365
11/6	20	28	43	55	55	51	42	28	11	307	352
12/6	9	32	44	51	55	47	40	26	7	305	334
15/6	12	29	40	47	48	44	37	24	11	284	324
16/6	19	11	30	49	50	46	37	8	5	249	279
*17/6	19	35	45	52	52	48	39	28	13	295	346
*22/6	5	35	45	52	53	49	40	28	12	296	327
23/6	5	26	43	52	52	51	32	9	7	283	307
24/6	15	30	43	48	50	46	38	24	6	276	319
25/6	9	12	15	18	20	23	25	13	6	124	148
26/6	16	19	41	57	56	53	44	29	12	296	344
29/6	11	27	43	53	56	44	39	28	9	287	324
*30/6	19	32	42	51	55	51	42	30	14	292	342

Mês: Julho/81

02/7	17	32	41	47	51	48	40	27	11	285	327
08/7	15	36	41	58	56	53	44	36	7	312	353
09/7	19	32	48	52	57	52	44	30	15	314	367
*13/7	17	36	46	54	56	52	44	31	13	321	374
14/7	8	19	40	18	60	54	45	32	17	302	340
*15/7	19	32	44	54	55	52	44	31	14	313	362
*16/7	19	36	47	49	56	53	45	31	15	314	362
*17/7	20	36	47	50	56	53	45	32	15	316	368
20/7	3	16	45	53	57	53	44	31	7	297	315
21/7	20	36	49	57	62	57	48	35	15	341	393
24/7	3	3	6	15	12	18	19	9	3	85	98
27/7	20	35	48	57	26	27	24	31	15	292	321
*28/7	12	31	42	55	57	55	47	28	15	325	364
*29/7	9	37	50	57	59	55	46	33	16	334	375
30/7	21	41	38	60	63	57	48	33	17	339	399

## Continuação do Quadro 3.2

Mês: Agosto/81

Data	Hora	Insolação				Horária				Ins.no Inter. 9às 16hs	Ins. Diária	
		8	9	10	11	12	13	14	15	16		
03/8		24	39	50	57	62	57	51	42	25	365	429
*04/8		20	40	54	57	62	57	51	37	19	356	426
*05/8		20	35	53	56	60	55	47	33	15	334	404
*06/8		25	39	53	61	63	60	49	35	18	360	425
*07/8		23	38	52	61	63	60	49	35	15	361	417
10/8		1	3	19	14	13	13	13	10	2	88	95
11/8		11	22	51	14	32	24	9	12	5	165	206
12/8		7	30	52	61	63	59	47	33	17	331	384
13/8		7	19	16	53	55	53	45	9	16	173	208
17/8		21	28	45	51	60	36	15	11	12	255	315
18/8		5	3	15	9	27	17	13	12	3	96	119
*19/8		23	44	57	63	69	57	50	36	19	381	456
*24/8		24	44	53	63	65	60	51	36	19	378	451
*25/8		24	40	56	65	67	63	52	33	16	390	446
*26/8		24	41	53	62	62	57	48	33	17	364	436
27/8		21	36	50	59	28	27	25	32	16	329	384
28/8		12	31	42	55	57	55	47	29	15	212	247

Mês: Setembro/81

*02/9	18	37	50	56	56	52	42	29	14	326	375
03/9	3	21	48	55	57	52	43	30	15	323	360
*08/9	38	54	62	67	70	67	57	42	23	435	532
*09/9	35	49	60	67	67	63	54	41	23	429	532
*10/9	32	48	59	63	67	64	53	37	21	416	512
*11/9	27	45	54	62	62	60	50	37	19	380	455
14/9	9	40	55	62	62	55	45	30	18	344	380
*15/9	26	42	54	63	63	56	46	33	15	357	426
17/9	15	17	33	57	60	47	52	25	14	297	342
*18/9	28	44	56	65	63	58	48	34	18	378	456
22/9	13	25	9	21	5	11	16	13	8	112	163
*23/9	19	40	54	61	64	58	47	31	18	355	426
24/9	25	29	24	17	25	65	27	17	19	254	254
25/9	6	12	21	33	66	38	27	23	7	259	286
*28/9	35	51	61	70	71	63	53	37	20	423	526
29/9	29	40	56	62	46	26	48	33	19	331	402

\* = Dias claros

QUADRO 3.3— Diferenças em mm e em % entre os valores diários de evaporação estimado pela equação Penman e Evaporímetro em U Sol e entre U e V à sombra.

Mês: Abril/81								
Data	Ep (1)	Ev. Usolx0,837 (2)	Ev. U (3)	Ev. Vx1,233 (4)	Dif. entre (1) e (2) mm %		Dif. entre (3) e (4) mm %	
02/4	2,22	2,18	0,65	0,22	0,04	1,8	0,43	66,2
03/4	6,31	6,88	2,11	1,48	-0,57	9,0	0,63	29,9
07/4	6,71	6,99	2,32	2,22	-2,28	4,2	0,10	4,3
08/4	6,72	7,53	2,45	2,22	-0,81	12,1	0,23	9,4
10/4	3,59	4,04	1,70	1,48	-0,45	12,5	0,22	12,9
13/4	8,00	7,09	3,18	2,52	0,91	11,4	0,66	20,8
14/4	6,35	6,12	2,42	2,07	0,23	3,6	0,35	14,5
15/4	5,58	5,69	2,05	2,00	-0,11	2,0	0,05	2,4
22/4	4,64	5,31	1,70	1,48	-0,67	14,4	0,22	12,9
23/4	5,73	6,09	2,10	1,63	-0,36	6,3	0,47	22,4
24/4	5,91	7,40	2,87	2,52	-1,40	25,2	0,35	12,2
27/4	5,84	7,64	3,09	2,37	-1,80	30,8	0,72	23,3
28/4	3,64	4,26	1,69	1,63	-0,62	17,0	0,06	3,6
29/4	4,11	5,14	2,78	1,48	-1,03	25,1	1,30	46,8
30/4	2,63	2,59	1,19	1,04	0,04	1,52	0,15	12,6
Mês: Maio/81								
04/5	4,87	6,17	1,73	1,26	-1,30	26,7	0,47	27,2
05/5	5,32	5,36	1,84	1,70	-0,04	0,8	0,14	7,6
06/5	5,46	4,96	1,61	1,63	0,50	9,2	-0,02	1,2
07/5	5,89	5,50	2,00	1,18	0,39	6,6	0,82	42,0
08/5	5,98	5,76	2,02	1,92	0,22	3,7	0,10	5,0
11/5	5,51	5,92	2,37	2,29	-0,41	7,4	0,08	3,4
12/5	5,18	5,68	2,19	1,48	-0,5	9,7	0,71	32,4
13/5	5,44	5,47	2,10	1,78	-0,03	0,6	0,32	15,2
14/5	5,87	6,29	2,60	2,29	-0,42	7,2	0,31	11,9
15/5	6,48	5,73	2,69	2,15	0,75	11,6	0,54	20,1
18/5	3,61	4,11	1,79	1,78	-0,50	13,9	0,01	0,6
20/5	4,63	4,74	1,83	1,85	-0,11	2,4	-0,02	1,1
22/5	4,48	4,40	1,58	1,48	0,08	1,8	0,10	6,3
25/5	4,14	4,44	2,05	1,92	-0,3	7,2	0,13	6,3
26/5	5,06	4,86	1,80	1,78	0,20	4,00	0,02	1,1
27/5	4,18	3,96	1,33	1,18	0,22	5,3	0,15	11,3
28/5	3,06	2,43	1,01	1,04	0,63	20,6	-0,03	3,0

## Continuação do Quadro 3.3

Mês: Junho/81

Data	Ep (1)	Ev. Usolx0,837 (2)	Ev U (3)	Ev Vxl,233 (4)	Dif.entre(1) e(2) mm %		Dif. entre(3) e(4) mm %	
01/6	4,74	5,05	1,67	1,55	-0,31	6,5	0,12	7,2
02/6	4,39	5,05	2,14	2,00	-0,66	15,0	0,14	6,5
04/6	2,61	2,29	1,06	1,04	0,32	12,3	0,02	1,9
05/6	4,23	3,98	1,34	1,63	0,25	5,9	-0,29	21,6
08/6	5,74	5,95	3,72	3,21	-0,21	3,7	0,51	13,7
09/6	4,82	4,57	2,09	2,07	0,25	5,2	0,02	1,0
10/6	5,40	4,27	1,47	1,70	1,13	20,9	-0,23	15,6
11/6	5,20	4,44	1,52	1,70	0,76	14,6	-0,18	11,8
12/6	4,83	3,90	1,46	1,48	0,93	19,3	-0,02	1,4
15/6	4,67	4,47	1,43	1,63	0,20	4,3	-0,20	14,0
16/6	4,45	4,68	1,89	2,07	-0,23	5,2	-0,18	9,5
17/6	4,87	4,75	2,15	2,22	0,12	2,5	-0,07	3,3
22/6	4,45	4,49	1,46	1,78	-0,04	0,9	-0,32	21,9
23/6	4,30	3,86	1,18	1,33	0,44	10,2	-0,15	12,7
24/6	4,67	4,23	1,38	1,33	0,44	9,4	0,05	3,6
25/6	2,35	1,62	0,71	0,89	0,73	31,1	-0,18	25,4
26/6	4,88	4,89	1,74	1,78	-0,01	0,2	-0,04	2,3
29/6	5,00	5,02	1,70	1,55	-0,02	0,4	0,15	8,8
30/6	5,20	5,61	2,04	2,07	-0,41	7,9	-0,03	1,5

Mês: Julho/81

02/7	5,38	6,45	3,53	3,63	-1,07	19,9	-0,10	2,8
08/7	4,39	3,73	0,55	1,04	0,66	15,0	-0,49	89,1
09/7	4,36	4,03	0,33	1,18	0,33	7,6	-0,85	257,6
13/7	5,40	5,48	1,92	2,07	-0,08	1,5	-0,15	7,8
14/7	5,12	4,93	2,41	2,22	0,19	3,7	0,19	7,9
15/7	5,60	5,83	2,31	2,52	-0,23	4,1	-0,21	9,1
16/7	5,14	6,67	2,78	2,96	-1,53	29,8	-0,18	6,5
17/7	5,61	5,62	2,20	2,07	-0,01	0,2	0,13	5,9
20/7	4,31	3,87	1,24	3,55	0,44	10,2	-2,31	186,3
21/7	5,56	6,33	3,65	3,99	-0,77	13,8	-0,34	9,3
24/7	1,25	1,23	0,56	0,59	0,02	1,6	-0,03	5,4
27/7	4,35	4,19	2,34	2,52	0,16	3,7	-0,18	7,7
28/7	4,93	4,34	1,40	2,07	0,59	12,0	-0,67	47,9
29/7	5,30	5,42	1,97	2,66	-0,12	2,3	-0,69	35,0
30/7	5,33	5,00	1,63	2,22	0,33	6,2	-0,59	36,2

## Continuação do Quadro 3.3

Mês: Agosto/81

Data	Ep (1)	Ev Usolx0,837 (2)	Ev U (3)	Ev Vxl,233 (4)	Dif.entre(1) e(2) mm %		Dif. entre(3) e(4) mm %	
03/8	6,53	6,49	2,78	3,26	0,04	0,6	-0,48	17,3
04/8	6,61	7,34	3,23	3,85	-0,73	11,0	-0,62	19,2
05/8	5,94	5,57	2,58	2,89	0,37	6,2	-0,31	12,0
06/8	6,47	6,69	3,01	3,55	-0,22	3,4	-0,54	17,9
07/8	6,63	7,15	3,18	3,77	-0,52	7,8	-0,59	18,6
10/8	1,65	1,17	0,53	0,59	0,48	29,0	-0,06	11,3
11/8	2,70	2,62	0,98	1,18	0,08	3,0	-0,20	20,4
12/8	5,16	4,05	1,61	2,00	1,11	21,5	-0,39	24,2
13/8	2,89	2,87	1,55	1,48	0,02	0,7	0,07	4,5
17/8	4,09	3,86	1,32	1,48	0,23	5,6	-0,16	12,1
18/8	1,94	1,95	1,29	1,33	-0,01	0,5	-0,04	3,1
19/8	5,86	4,90	2,28	2,52	0,96	16,4	-0,24	10,5
24/8	5,89	5,45	1,80	1,92	0,44	7,5	-0,12	6,7
25/8	6,41	6,10	2,30	2,52	0,31	4,8	-0,22	9,6
26/8	6,21	5,93	2,19	2,44	0,28	4,5	-0,25	11,4
27/8	5,92	5,84	2,08	2,29	0,08	1,4	-0,21	10,1
28/8	3,73	3,66	1,75	1,92	0,07	1,9	-0,17	9,7

Mês: Setembro/81

02/9	5,11	4,42	1,63	2,22	0,69	13,5	-0,59	36,2
03/9	4,64	4,30	1,24	1,63	0,34	7,3	-0,39	31,5
08/9	6,84	6,4	2,36	2,52	0,80	11,7	-0,16	6,8
09/9	6,95	7,41	3,23	3,40	-0,46	6,6	-0,17	5,3
10/9	7,42	8,72	3,93	4,44	-1,30	17,5	-0,51	13,0
11/9	6,54	5,96	2,77	2,89	0,58	8,9	-0,12	4,3
14/9	5,79	4,60	1,97	2,07	1,19	20,6	-0,10	5,1
15/9	7,81	8,25	5,21	5,09	-0,44	5,6	0,12	2,3
17/9	4,69	4,25	1,83	2,07	0,44	9,4	-0,24	13,1
18/9	6,44	5,96	2,65	2,66	0,48	7,5	-0,01	0,4
22/9	2,94	2,53	2,47	1,92	0,41	13,9	0,55	22,3
23/9	6,29	5,58	2,92	2,96	0,71	11,3	-0,04	1,4
24/9	4,51	2,63	1,85	1,78	1,88	41,7	0,07	3,8
25/9	4,22	3,89	2,09	1,85	0,33	7,8	0,24	11,5
28/9	7,97	8,98	5,17	5,18	-1,01	12,7	-0,01	0,2
29/9	6,88	8,75	7,15	6,88	-1,87	27,2	0,27	3,8

QUADRO 3.4 (a): Valores Horários de Evaporação Estimados Pela Equação de Penman e Evaporímetro em Forma de U Exposto ao Sol x 0,837 em MM.

ABRIL / 81

INTERVALO HOR DATA		02/04	03/04	07/04	08/04	10/04	14/04	15/04	22/04	23/04	24/04	29/04	30/04
Ev U SOL 9 às 10		0,06	0,53	0,56	0,90	0,50	0,37	0,38	0,15	0,41	0,45	0,60	0,26
Ep 9 às 10		0,13	0,79	0,72	0,91	0,72	0,64	0,70	0,78	0,70	0,80	0,48	0,39
Ev U SOL 10 às 11		0,28	0,80	0,64	0,71	0,58	0,65	0,67	0,71	0,74	0,64	0,64	0,30
Ep 10 às 11		0,19	0,95	0,92	0,98	1,03	0,91	0,87	0,85	0,85	0,97	0,90	0,46
Ev U SOL 11 às 12		0,23	1,14	1,10	1,01	0,82	0,95	0,92	0,90	1,36	1,14	1,05	0,39
Ep 11 às 12		0,29	1,05	1,09	1,10	0,60	1,02	0,75	0,96	0,95	1,01	0,99	0,27
Ev U SOL 12 às 13		0,43	1,27	1,20	1,93	0,39	1,05	1,05	0,97	0,90	0,99	1,01	0,33
Ep 12 às 13		0,30	1,13	1,10	1,16	0,36	1,01	0,52	0,96	0,97	1,05	0,77	0,32
Ev U SOL 13 às 14		0,30	1,12	1,14	1,26	0,69	1,01	1,18	0,90	0,80	1,53	0,97	0,50
Ep 13 às 14		0,24	1,11	1,11	1,15	0,47	0,90	0,66	0,81	0,95	1,01	0,62	0,44
Ev U SOL 14 às 15		0,38	1,12	1,31	0,74	0,53	1,16	0,79	0,97	1,18	0,97	0,60	0,43
Ep 14 às 15		0,27	0,90	1,03	1,00	0,48	0,83	0,77	0,58	0,87	0,86	0,37	0,45
Ev U SOL 15 às 16		0,50	0,90	1,05	0,99	0,53	0,92	0,71	0,71	0,69	1,68	0,27	0,38
Ep 15 às 16		0,34	0,77	0,75	0,77	0,52	0,75	0,54	0,43	0,50	0,56	0,19	0,31
TOTAL	Ev U SOL	2,18	6,88	6,99	7,53	4,04	6,11	5,69	5,31	6,09	7,40	5,14	2,59
	Ep	1,76	6,70	6,72	7,07	4,18	6,06	4,81	5,37	5,79	6,26	4,32	2,64

MAIO / 81

INTERVALO HOR DATA	05/05	06/05	07	08	11	12	14	22	26	27	131	18	20	25	28/05
Ev U SOL 9 às 10	0,30	0,33	0,45	0,45	0,53	0,41	0,26	0,30	0,53	0,33	0,30	0,24	0,33	0,41	0,03
Ep 9 às 10	0,61	0,66	0,68	0,74	0,63	0,74	0,61	0,49	0,58	0,57	0,56	0,54	0,66	0,54	0,44
Ev U SOL 10 às 11	0,64	0,56	0,60	0,64	0,56	0,56	0,64	0,60	0,37	0,30	0,64	0,64	0,11	0,41	0,49
Ep 10 às 11	0,78	0,80	0,79	0,91	0,84	0,81	0,78	0,69	0,75	0,74	0,76	0,61	0,75	0,53	0,72
Ev U SOL 11 às 12	1,05	0,71	0,99	0,90	0,95	1,31	0,80	0,62	0,74	0,56	0,79	0,80	1,20	0,73	0,53
Ep 11 às 12	0,90	0,92	0,90	0,97	0,93	0,90	0,95	0,91	0,86	0,78	0,93	0,53	0,85	0,69	0,84
Ev U SOL 12 às 13	0,69	1,12	1,24	1,01	1,10	0,60	1,06	0,92	0,86	1,35	0,80	0,38	0,56	0,65	0,94
Ep 12 às 13	0,90	0,92	1,02	0,97	0,97	0,91	1,04	0,93	0,93	0,71	0,94	0,49	0,92	0,86	0,64
Ev U SOL 13 às 14	1,10	0,64	0,80	0,95	1,10	1,14	1,42	0,95	1,05	0,33	1,18	0,70	1,05	1,01	0,15
Ep 13 às 14	0,91	0,82	1,02	0,89	0,93	0,84	1,18	0,67	0,91	0,63	0,95	0,59	0,88	0,72	0,27
Ev U SOL 14 às 15	0,85	0,90	0,74	1,14	0,80	1,03	1,65	0,58	0,82	0,74	0,94	0,80	0,82	0,67	0,18
Ep 14 às 15	0,79	0,73	0,86	0,82	0,72	0,58	1,03	0,39	0,72	0,54	0,85	0,57	0,71	0,56	0,13
Ev U SOL 15 às 16	0,73	0,69	0,67	0,67	0,86	0,64	0,45	0,43	0,49	0,33	0,82	0,54	0,67	0,56	0,11
Ep 15 às 16	0,55	0,52	0,57	0,59	0,52	0,37	0,52	0,30	0,46	0,29	0,84	0,42	0,43	0,42	0,10
TOTAL	Ev U SOL	5,36	4,96	5,50	5,76	5,92	5,68	6,29	4,40	4,86	3,96	5,47	4,10	4,74	2,43
	Ep	5,44	5,37	5,84	5,89	5,54	5,05	6,11	4,38	5,21	4,26	5,63	3,75	4,32	3,14

**QUADRO 3-5: SOMATÓRIO DOS VALORES HORÁRIOS DE EVAPORAÇÃO DISTRIBUÍDOS PELA EQUAÇÃO TIPO SENO E ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PENMAN EM MM.**

D I A S	02/04	03/04	07/04	08/04	10/04	14/04	15/04	22/04	23/04	24/04	27/04	28/04	29/04	30/04
TS	1,93	6,27	6,13	6,27	3,75	5,71	5,22	4,98	5,47	5,48	5,77	3,50	3,65	2,29
Ep	1,76	6,70	6,72	7,07	4,18	6,06	4,81	5,37	5,79	6,26	5,81	2,99	4,32	2,64
DIFERENÇA TS-Ep	0,17	-0,43	-0,59	-0,80	-0,43	-0,35	0,41	-0,39	-0,32	-0,78	-0,04	0,51	0,67	0,35
DIFERENÇA %	8,81	6,86	9,62	12,76	11,47	6,13	7,85	7,83	5,85	14,23	0,69	14,57	18,36	15,28
FATORES DE CONVERSÃO ENTRE TS - Ep	1,10	0,94	0,91	0,89	0,90	0,94	1,09	0,93	0,94	0,88	0,99	1,17	0,84	0,87

D I A S	04/05	05/05	06/05	07/05	08/05	11/05	12/05	13/05	14/05	18/05	20/05	22/05	23/05	26/05	27/05	28/05
TS	4,56	4,92	5,00	5,50	5,57	5,07	4,69	4,68	5,38	3,24	4,37	4,02	3,95	4,60	3,86	2,76
Ep	4,49	5,44	5,37	5,84	5,89	5,54	5,05	5,63	6,11	3,75	5,20	4,38	4,32	5,21	4,26	3,14
DIFERENÇA TS-Ep	0,07	-0,52	-0,37	-0,34	-0,32	-0,47	-0,36	-0,75	-0,73	-0,51	-0,83	-0,36	-0,37	-0,61	-0,40	-0,38
DIFERENÇA %	1,54	10,57	7,40	6,18	5,75	9,27	7,68	15,37	15,57	15,74	18,99	8,96	9,37	13,26	10,36	13,77
FATORES DE CONVERSÃO ENTRE TS - Ep	1,02	0,90	0,93	0,94	0,95	0,92	0,93	0,87	0,88	0,86	0,84	0,92	0,91	0,88	0,91	0,88



QUADRO 3-6 : COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES HORÁRIOS DE EVAPORAÇÃO  
DISTRIBUÍDOS PELA EQUAÇÃO TIPO SENO E ESTIMADOS PELA  
EQUAÇÃO DE PENMAN, EM MM.

ABRIL/81

INTERVALO HOR.	DATA	02/04	03/04	07/04	08/04	10/04	14/04	15/04	22/04	23/04	24/04	27/04	28/04	29/04	30/04
Ep 9 às 10		0,13	0,79	0,72	0,91	0,72	0,64	0,70	0,78	0,70	0,80	0,73	0,59	0,48	0,39
TS 9 às 10		0,17	0,55	0,57	0,55	0,37	0,56	0,51	0,49	0,54	0,53	0,56	0,34	0,35	0,22
Ep 10 às 11		0,19	0,95	0,92	0,98	1,03	0,91	0,87	0,85	0,85	0,97	0,90	0,62	0,90	0,46
TS 10 às 11		0,23	0,74	0,76	0,74	0,48	0,73	0,67	0,64	0,70	0,69	0,73	0,45	0,46	0,29
Ep 11 às 12		0,29	1,05	1,09	1,10	0,60	1,02	0,75	0,96	0,95	1,01	1,11	0,51	0,99	0,27
TS 11 às 12		0,28	0,91	0,91	0,91	0,57	0,87	0,79	0,75	0,83	0,83	0,87	0,53	0,55	0,35
Ep 12 às 13		0,30	1,13	1,10	1,16	0,36	1,01	0,52	0,96	0,97	1,05	1,34	0,54	0,77	0,32
TS 12 às 13		0,32	1,03	1,01	1,03	0,62	0,95	0,87	0,83	0,91	0,91	0,96	0,58	0,61	0,38
Ep 13 às 14		0,24	1,11	1,11	1,15	0,47	0,90	0,66	0,81	0,93	1,01	0,98	0,38	0,62	0,44
TS 13 às 14		0,33	1,08	1,04	1,08	0,63	0,96	0,88	0,84	0,92	0,93	0,98	0,59	0,62	0,39
Ep 14 às 15		0,27	0,90	1,03	1,00	0,48	0,83	0,77	0,58	0,87	0,86	0,44	0,20	0,37	0,45
TS 14 às 15		0,32	1,04	0,90	1,04	0,59	0,90	0,82	0,78	0,86	0,87	0,91	0,55	0,58	0,36
Ep 15 às 16		0,34	0,77	0,75	0,77	0,52	0,75	0,54	0,43	0,50	0,56	0,31	0,15	0,19	0,31
TS 15 às 16		0,28	0,92	0,85	0,92	0,49	0,74	0,68	0,65	0,71	0,72	0,76	0,46	0,48	0,30
Ep		1,76	6,70	8,72	7,07	4,18	6,06	4,81	5,37	5,79	6,26	5,81	2,99	4,32	2,64
TS		1,93	6,27	6,13	6,27	3,75	5,71	5,22	4,98	5,47	5,48	5,77	3,50	3,65	2,29

MAIO/81

	04/05	05/05	06/05	07/05	08/05	11/05	12/05	13/05	14/05	18/05	20/05	22/05	25/05	26/05	27/05	28/05
9 às 10	0,46	0,61	0,66	0,68	0,74	0,63	0,64	0,56	0,61	0,54	0,66	0,49	0,54	0,58	0,57	0,44
	0,44	0,47	0,48	0,53	0,54	0,50	0,46	0,47	0,52	0,31	0,43	0,39	0,39	0,44	0,38	0,27
10 às 11	0,58	0,78	0,80	0,79	0,91	0,84	0,81	0,76	0,78	0,61	0,75	0,69	0,53	0,75	0,74	0,72
	0,58	0,62	0,63	0,70	0,71	0,65	0,60	0,62	0,68	0,41	0,57	0,51	0,51	0,58	0,50	0,35
11 às 12	0,86	0,90	0,92	0,90	0,97	0,93	0,90	0,93	0,95	0,53	0,85	0,91	0,69	0,86	0,78	0,84
	0,69	0,75	0,76	0,83	0,84	0,77	0,71	0,74	0,81	0,49	0,67	0,61	0,61	0,70	0,59	0,42
12 às 13	0,88	0,90	0,92	1,02	0,97	0,97	0,91	0,94	1,04	0,49	0,92	0,93	0,86	0,93	0,71	0,64
	0,76	0,82	0,83	0,92	0,93	0,84	0,78	0,81	0,90	0,54	0,73	0,67	0,66	0,77	0,65	0,46
13 às 14	0,81	0,91	0,82	1,02	0,89	0,93	0,84	0,95	1,18	0,59	0,88	0,67	0,72	0,91	0,63	0,27
	0,77	0,83	0,85	0,93	0,94	0,85	0,79	0,83	0,91	0,55	0,74	0,68	0,67	0,78	0,65	0,47
14 às 15	0,58	0,79	0,73	0,86	0,82	0,72	0,58	0,85	1,03	0,57	0,71	0,39	0,56	0,72	0,54	0,13
	0,72	0,78	0,79	0,87	0,88	0,80	0,74	0,77	0,85	0,51	0,68	0,63	0,61	0,73	0,60	0,43
15 às 16	0,32	0,55	0,52	0,57	0,59	0,52	0,37	0,64	0,52	0,42	0,43	0,30	0,42	0,46	0,29	0,10
	0,60	0,65	0,66	0,72	0,73	0,66	0,61	0,64	0,71	0,43	0,55	0,53	0,50	0,60	0,49	0,36
Ep	4,49	5,44	5,37	5,84	5,89	5,54	5,05	5,63	6,11	3,75	5,20	4,38	4,32	5,21	4,26	3,14
TS	4,56	4,92	5,00	5,50	5,57	5,07	4,69	4,88	5,38	3,24	4,37	4,02	3,95	4,60	3,86	2,76

QUADRO 3.7: Comparação Entre os Valores Horários de Evaporação Obtidos pelo Evaporímetro em U e Vertical Instalados à Sombra (Ev U x Ev.V. I, 233)

a) - EVAPORAÇÃO HORÁRIA EM MILÍMETRO.

ABRIL /1981												
DATA INTERVALO	2/4	3/4	7/4	8/4	10/4	14/4	15/4	22/4	23/4	24/4	29/4	30/4
Ev. U (9-10)	0,02	0,04	0,13	0,18	0,04	0,09	0,04	0,0	0,16	0,11	0,04	0,04
Ev. V (9-10)	0,07	0,14	0,14	0,22	0,07	0,14	0,14	0,07	0,07	0,14	0,14	0,07
Ev. U(10-11)	0,04	0,27	0,13	0,13	0,13	0,18	0,14	0,20	0,18	0,18	0,36	0,11
Ev. V(10-11)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,14	0,14	0,22	0,07	0,07	0,14	0,14	0,14
Ev. U(11-12)	0,02	0,27	0,29	0,27	0,27	0,27	0,27	0,07	0,38	0,34	0,54	0,16
Ev. V(11-12)	0,00	0,07	0,22	0,14	0,07	0,22	0,14	0,14	0,14	0,22	0,30	0,07
Ev. U(12-13)	0,13	0,31	0,34	0,56	0,18	0,36	0,36	0,49	0,31	0,36	0,58	0,13
Ev. V(12-13)	0,07	0,30	0,37	0,67	0,14	0,30	0,30	0,14	0,22	0,52	0,44	0,14
Ev. U(13-14)	0,13	0,40	0,31	0,51	0,27	0,36	0,44	0,22	0,27	0,63	0,63	0,22
Ev. V(13-14)	0,00	0,37	0,37	0,37	0,30	0,37	0,52	0,30	0,22	0,37	0,22	0,14
Ev. U(14-15)	0,13	0,45	0,58	0,31	0,32	0,94	0,47	0,45	0,49	0,56	0,45	0,31
Ev. V(14-15)	0,00	0,44	0,59	0,37	0,30	0,44	0,30	0,44	0,59	0,52	0,07	0,22
Ev. U(15-16)	0,18	0,36	0,54	0,49	0,49	0,22	0,34	0,27	0,31	0,69	0,18	0,22
Ev. V(15-16)	0,00	0,07	0,44	0,37	0,44	0,44	0,37	0,30	0,30	0,59	0,14	0,22
Ev. U (TOTAL)	0,65	2,11	2,32	2,45	1,70	2,42	2,05	1,70	2,1	2,87	2,78	1,19
Ev. V	0,22	1,14	2,21	2,21	1,48	2,07	2,00	1,48	2,63	2,52	1,48	1,04

MAIO / 1981

data intervalo	5/5	6/5	7/5	8/5	11	12	14	22	26	27	13*	18*	20*	25*	28
Ev.U (9-10)	0,09	0,04	0,04	0,04	0,09	0,09	0,0	0,07	0,09	0,04	0,04	0,0	0,18	0,09	0,04
Ev.V (9-10)	0,07	0,14	0,14	0,22	0,14	0,14	0,07	0,14	0,14	0,07	0,14	0,14	0,14	0,14	0,07
Ev.U (10-11)	0,18	0,13	0,13	0,18	0,16	0,16	0,16	0,11	0,09	0,09	0,16	0,13	0,13	0,18	0,09
Ev.V (10-11)	0,14	0,14	0,0	0,14	0,22	0,22	0,07	0,14	0,14	0,07	0,0	0,14	0,14	0,14	0,14
Ev.U (11-12)	0,18	0,16	0,27	0,27	0,07	0,38	0,20	0,18	0,13	0,13	0,20	0,31	0,27	0,27	0,09
Ev.V (11-12)	0,22	0,14	0,0	0,22	0,22	0,22	0,22	0,07	0,14	0,14	0,14	0,22	0,22	0,30	0,22
Ev.U (12-13)	0,27	0,34	0,31	0,29	0,63	0,22	0,36	0,27	0,27	0,36	0,27	0,18	0,18	0,22	0,31
Ev.V (12-13)	0,22	0,30	0,14	0,30	0,30	0,14	0,37	0,22	0,14	0,30	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Ev.U (13-14)	0,36	0,18	0,51	0,34	0,51	0,45	0,67	0,34	0,54	0,13	0,40	0,34	0,40	0,22	0,22
Ev.V (13-14)	0,30	0,14	0,44	0,30	0,59	0,44	0,44	0,22	0,30	0,14	0,30	0,37	0,44	0,30	0,22
Ev.U (14-15)	0,31	0,40	0,38	0,56	0,42	0,49	0,94	0,34	0,34	0,38	0,54	0,45	0,31	0,67	0,13
Ev.V (14-15)	0,30	0,30	0,14	0,44	0,30	0,30	0,89	0,37	0,59	0,30	0,44	0,37	0,30	0,52	0,14
Ev.U (15-16)	0,45	0,36	0,36	0,34	0,49	0,40	0,27	0,27	0,34	0,20	0,54	0,38	0,36	0,40	0,13
Ev.V (15-16)	0,44	0,44	0,30	0,30	0,52	-	0,22	0,30	0,30	0,14	0,59	0,37	0,44	0,37	0,07
Ev.U (TOTAL)	1,84	1,61	2,00	2,02	2,37	2,19	2,6	1,58	1,80	1,33	2,10	1,79	1,83	2,05	1,01
Ev.V	1,70	1,63	1,18	1,92	2,29	1,48	2,29	1,48	1,78	1,18	1,78	1,78	1,85	1,92	1,04

JUNHO / 1981

DATA INTERVALO	01/6	02/6	4/6	05	08/06	9/6	10	11	12	15	16	17	22	23	24	26	28	30
Ev.U(9-10)	0,13	0,04	0,0	0,0	0,54	0,13	0,04	0,02	0,09	0,0	0,04	0,11	0,02	0,04	0,04	0,02	0,07	0,09
Ev.V(9-10)	0,14	0,14	0,0	0,14	0,30	0,14	0,14	0,07	0,13	0,14	0,14	0,07	0,14	0,07	0,0	0,07	0,14	0,14
Ev.U(10-11)	0,13	0,09	0,04	0,04	0,40	0,02	0,04	0,09	0,13	0,18	0,04	0,13	0,07	0,04	0,16	0,16	0,18	0,11
Ev.V(10-11)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,30	0,14	0,07	0,07	0,07	0,14	0,14	0,07	0,14	0,07	0,07	0,22	0,14	0,14
Ev.U(11-12)	0,18	0,22	0,18	0,85	0,42	0,18	0,34	0,22	0,27	0,31	0,25	0,22	0,25	0,29	0,20	0,25	0,25	0,13
Ev.V(11-12)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,69	0,44	0,14	0,30	0,22	0,22	0,22	0,14	0,14	0,14	0,22	0,14	0,14	0,14
Ev.U(12-13)	0,22	0,40	0,22	0,25	0,45	0,22	0,18	0,11	0,22	0,18	0,25	0,45	0,22	0,16	0,13	0,29	0,18	0,40
Ev.V(12-13)	0,14	0,30	0,14	0,30	0,59	0,14	0,14	0,07	0,14	0,22	0,22	0,59	0,22	0,14	0,14	0,22	0,14	0,30
Ev.U(13-14)	0,40	0,67	0,18	0,22	0,54	0,22	0,36	0,29	0,22	0,22	0,38	0,38	0,31	0,31	0,22	0,36	0,40	0,42
Ev.V(13-14)	0,30	0,74	0,14	0,14	0,44	0,44	0,37	0,22	0,14	0,30	0,44	0,44	0,37	0,37	0,37	0,30	0,37	0,44
Ev.U(14-15)	0,36	0,36	0,31	0,38	0,54	0,40	0,40	0,49	0,31	0,22	0,36	0,45	0,22	0,13	0,27	0,40	0,31	0,49
Ev.V(14-15)	0,37	0,14	0,22	0,59	0,44	0,30	0,44	0,74	0,44	0,30	0,37	0,44	0,30	0,22	0,22	0,44	0,37	0,44
Ev.U(15-16)	0,25	0,36	0,13	0,25	0,40	0,49	0,27	0,18	0,27	0,36	0,51	0,38	0,40	0,25	0,27	0,31	0,31	0,40
Ev.V(15-16)	0,30	0,37	0,22	0,14	0,14	0,37	0,22	0,30	0,30	0,50	0,44	0,44	0,30	0,30	0,37	0,37	0,37	0,44
Ev.U TOTAL	1,67	2,14	1,06	1,34	3,72	2,09	1,47	1,52	1,46	1,47	1,89	2,15	1,18	1,38	1,74	1,74	1,70	2,04
Ev.V	1,55	2,00	1,04	1,63	3,20	2,07	1,70	1,70	1,48	1,63	2,07	2,22	1,78	1,33	1,33	1,78	1,55	2,07

JULHO/81

Data Intervalo	2/7	8/7	9/7	13/7	14/7	15/7	16/7	17/7	20/ 7	21/7	24/7	27/7	28/7	29/7	30/7
Ev.U(9-10)	0,09	0,02	0,00	0,00	0,09	0,09	0,18	0,09	0,04	0,09	0,04	0,18	0,04	0,09	0,09
Ev.V(9-10)	0,14	0,14	0,00	0,00	0,14	0,14	0,07	0,22	0,0	0,14	0,14	0,0	0,14	0,14	0,07
Ev.U(10-11)	0,22	0,07	0,04	0,09	0,09	0,32	0,36	0,18	0,13	0,45	0,04	0,18	0,09	0,18	0,13
Ev.V(10-11)	0,14	0,07	0,15	0,0	0,14	0,22	0,22	0,14	0,14	0,44	0,0	0,30	0,14	0,14	0,22
Ev.U(11-12)	0,47	0,07	0,00	0,18	0,22	0,27	0,36	0,45	0,18	0,71	0,13	0,36	0,22	0,13	0,22
Ev.V(11-12)	0,22	0,22	0,00	0,14	0,30	0,14	0,44	0,37	0,14	0,89	0,07	0,44	0,14	0,22	0,22
Ev.U(12-13)	0,94	0,16	0,04	0,31	0,22	0,35	0,40	0,38	0,22	0,80	0,04	0,32	0,22	0,27	0,18
Ev.V(12-13)	0,81	0,0	0,14	0,30	0,14	0,59	0,44	0,44	0,74	0,89	0,07	0,44	0,30	0,22	0,22
Ev.U(13-14)	0,87	0,11	0,04	0,40	0,40	0,42	0,36	0,34	0,13	0,51	0,07	0,31	0,22	0,36	0,36
Ev.V(13-14)	0,74	0,00	0,14	0,30	0,44	0,44	0,44	0,37	0,59	0,59	0,14	0,30	0,44	0,59	0,52
Ev.U(14-15)	0,45	0,04	0,08	0,45	0,54	0,49	0,58	0,40	0,25	0,60	0,11	0,27	0,27	0,49	0,31
Ev.V(14-15)	1,11	0,30	0,30	0,74	0,59	0,44	0,59	0,44	1,04	0,52	0,14	0,44	0,30	0,74	0,52
Ev.U(15-16)	0,49	0,08	0,13	0,49	0,85	0,47	0,54	0,36	0,29	0,49	0,13	0,72	0,34	0,45	0,34
Ev.V(15-16)	0,44	0,30	0,44	0,59	0,44	0,59	0,59	0,30	0,74	0,52	0,14	0,44	0,59	0,59	0,44
Ev.U (TOTAL)	3,53	0,55	0,83	1,92	2,41	2,31	2,78	2,20	1,24	3,65	0,56	2,34	1,40	1,97	1,63
Ev.V	3,63	1,04	1,18	2,07	2,22	2,52	2,96	2,07	3,55	3,99	0,59	2,52	2,07	2,66	2,22

A G O S T O / 1 9 8 1

DATA INTERVALO	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	10/8	11/8	12/8	13/8	17/8	18/8	19/8	24/8	25/8	26/8	27/8	28/8
Ev. U (9-10)	0,04	0,09	0,09	0,18	0,16	0,02	0,04	0,09	0,18	0,13	0,13	0,18	0,04	0,11	0,07	0,09	0,22
Ev. V (9-10)	0,14	0,14	0,22	0,30	0,30	0,07	0,14	0,14	0,14	0,14	0,22	0,22	0,14	0,22	0,07	0,07	0,30
Ev. U (10-11)	0,18	0,45	0,22	0,18	0,27	0,07	0,07	0,11	0,31	0,07	0,13	0,18	0,09	0,13	0,18	0,18	0,22
Ev. V (10-11)	0,14	0,44	0,22	0,14	0,14	0,07	0,07	0,14	0,22	0,07	0,07	0,22	0,14	0,07	0,22	0,22	0,14
Ev. U (11-12)	0,31	0,54	0,31	0,34	0,40	0,07	0,11	0,25	0,22	0,20	0,20	0,34	0,22	0,20	0,40	0,31	0,22
Ev. V (11-12)	0,30	0,59	0,22	0,44	0,44	0,07	0,14	0,22	0,22	0,22	0,22	0,30	0,14	0,30	0,37	0,30	0,22
Ev. U (12-13)	0,49	0,60	0,51	0,54	0,63	0,11	0,16	0,22	0,22	0,18	0,18	0,31	0,22	0,29	0,31	0,31	0,22
Ev. V (12-13)	0,59	0,74	0,74	0,67	0,81	0,07	0,22	0,22	0,14	0,14	0,14	0,37	0,30	0,32	0,37	0,44	0,22
Ev. U (13-14)	0,67	0,72	0,40	0,63	0,42	0,09	0,29	0,31	0,18	0,25	0,25	0,54	0,27	0,65	0,27	0,34	0,31
Ev. V (13-14)	0,74	0,89	0,44	0,67	0,67	0,14	0,14	0,44	0,30	0,30	0,22	0,59	0,30	0,59	0,37	0,37	0,44
Ev. U (14-15)	0,45	0,27	0,60	0,69	0,65	0,13	0,18	0,27	0,31	0,27	0,22	0,42	0,54	0,27	0,51	0,38	0,27
Ev. V (14-15)	0,67	0,30	0,44	0,81	0,74	0,07	0,22	0,30	0,30	0,30	0,22	0,52	0,37	0,37	0,59	0,37	0,22
Ev. U (15-16)	0,60	0,56	0,45	0,45	0,65	0,04	0,13	0,36	0,13	0,22	0,18	0,31	0,42	0,65	0,45	0,47	0,29
Ev. V (15-16)	0,67	0,74	0,59	0,52	0,67	0,07	0,22	0,52	0,14	0,30	0,22	0,30	0,52	0,74	0,44	0,52	0,37
Ev. U TOTAL	2,74	3,23	2,58	3,01	3,18	0,53	0,98	1,61	1,55	1,32	1,29	2,28	1,80	2,30	2,19	2,08	1,75
Ev. V	3,38	3,85	2,89	3,55	3,77	0,59	1,18	2,00	1,48	1,48	1,33	2,52	1,92	2,52	2,44	2,29	1,92

S E T E M B R O / 1 9 8 1

DATA INTERVALO	03/9	08/9	09/9	10/9	11/9	14/9	17/9	18/9	22/9	23/9	24/9	25/9	28/9	29/9
Ev.U (9-10)	0,02	0,09	0,22	0,25	0,40	0,09	0,16	0,16	0,13	0,13	0,11	0,09	0,31	0,80
Ev.V (9-10)	0,00	0,00	0,14	0,30	0,44	0,14	0,22	0,22	0,22	0,22	0,14	0,07	0,30	0,67
Ev.U (10-11)	0,11	0,31	0,22	0,27	0,49	0,18	0,09	0,18	0,18	0,18	0,20	0,16	0,67	0,80
Ev.V (10-11)	0,22	0,30	0,30	0,37	0,44	0,14	0,07	0,22	0,22	0,22	0,14	0,22	0,74	0,81
Ev.U (11-12)	0,13	0,20	0,27	0,40	0,36	0,29	0,22	0,25	0,34	0,34	0,45	0,38	0,88	0,25
Ev.V (11-12)	0,14	0,22	0,22	0,52	0,37	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,37	0,30	0,74	1,11
Ev.U (12-13)	0,18	0,29	0,51	0,49	0,40	0,34	0,29	0,36	0,34	0,74	0,20	0,27	0,76	1,32
Ev.V (12-13)	0,44	0,37	0,44	0,59	0,44	0,37	0,30	0,30	0,37	0,37	0,22	0,14	0,89	1,26
Ev.U (13-14)	0,27	0,40	0,65	0,67	0,36	0,40	0,31	0,56	0,31	0,76	0,42	0,47	0,80	1,50
Ev.V (13-14)	0,14	0,59	0,67	0,74	0,44	0,37	0,30	0,37	0,14	0,67	0,37	0,44	0,89	1,41
Ev.U (14-15)	0,22	0,47	0,69	0,89	0,34	0,29	0,36	0,60	0,63	0,63	0,25	0,34	0,76	1,01
Ev.V (14-15)	0,37	0,44	0,81	0,96	0,30	0,30	0,30	0,67	0,37	0,67	0,22	0,30	0,74	0,89
Ev.U (15-16)	0,31	0,60	0,67	0,89	0,42	0,38	0,40	0,54	0,54	0,54	0,22	0,38	0,98	0,47
Ev.V (15-16)	0,30	0,59	0,81	0,89	0,44	0,44	0,59	0,59	0,30	0,52	0,30	0,37	0,89	0,74
Ev.U TOTAL	1,24	2,36	3,23	3,93	2,77	1,97	1,83	2,65	2,47	2,92	1,85	2,09	5,17	7,15
Ev.V	1,63	2,52	3,40	4,43	2,89	2,07	2,07	2,66	1,92	2,96	1,78	1,85	5,18	6,88

QUADRO 3.7 - (b) = DIFERENÇAS EM MM E EM % ENTRE OS VALORES HORÁRIOS DE EVAPORAÇÃO OBTIDO PELO  
EVAPORIMETRO EM U E O VERTICAL

ABRIL/1981

DATA INTERVALO	2/4	3/4	7/4	8/4	10/4	14/4	15/4	22/4	23/4	24/4	29/4	30/4
mm (9-10)	-0,05	-0,1	-0,01	-0,04	-0,03	-0,05	-0,1	-0,07	0,09	-0,03	-0,1	-0,03
% (9-10)	250,0	250,0	7,7	22,2	75,0	55,6	250,0	100,0	56,3	27,3	250,0	75,0
mm(10-11)	-0,03	0,2	0,06	0,06	-0,01	0,04	-0,09	0,13	0,11	0,04	0,22	-0,03
% (10-11)	75,0	74,1	46,2	46,2	7,7	22,2	69,2	65,0	61,1	22,2	61,1	27,3
mm(11-12)	0,02	0,2	0,07	0,13	0,2	0,05	0,13	-0,07	0,24	0,12	0,24	0,09
% (11-12)	100,0	74,1	24,1	48,1	74,1	18,5	48,1	100,0	63,2	35,3	44,4	56,3
mm(12-13)	0,06	0,01	-0,03	-0,11	0,04	0,06	0,06	0,35	0,09	-0,16	0,14	-0,01
% (12-13)	46,2	3,2	8,8	19,6	22,2	16,7	16,7	71,4	29,0	44,0	24,1	7,7
mm(13-14)	0,13	0,03	-0,06	0,14	-0,03	-0,01	-0,08	-0,08	0,05	0,26	0,41	0,08
% (13-14)	100,0	7,5	19,4	27,5	11,1	2,8	18,2	36,4	18,5	41,3	65,1	36,4
mm(14-15)	0,13	0,01	-0,01	-0,06	0,02	0,5	0,2	0,01	-0,1	0,04	0,4	0,09
% (14-15)	100,0	2,2	1,7	19,4	6,3	53,2	36,2	2,2	20,4	7,1	84,4	29,0
mm(15-16)	0,2	0,3	0,1	0,1	0,05	-0,2	-0,03	-0,03	0,01	0,1	0,04	0,0
% (15-16)	100,0	80,6	18,5	24,5	10,2	100,0	8,8	11,1	3,2	14,5	22,2	0,0



Quadro 3-7-c-c. Evaporação média horária mensal em mm.

Intervalo		9:00 - 10:00hs						10:00 - 11:00hs.					
Mês		abril	maio	junho	julho	agosto	set.	abril	maio	junho	julho	agosto	set.
Média Ev.U		0,07	0,06	0,08	0,08	0,11	0,21	0,17	0,14	0,12	0,17	0,18	0,29
Média Ev.V		0,12	0,13	0,12	0,10	0,17	0,22	0,11	0,12	0,13	0,16	0,16	0,32
Dp Ev. U		0,06	0,05	0,12	0,05	0,06	0,20	0,08	0,03	0,09	0,12	0,10	0,21
Dp Ev. V		0,05	0,04	0,07	0,07	0,08	0,18	0,05	0,06	0,06	0,11	0,09	0,22
C. corr.		0,53183	0,14867	0,71361	0,56597	0,72326	0,93714	0,03851	0,1205	0,65258	0,77606	0,85043	0,96667

Intervalo		11:00hs. - 12:00hs.						12:00 - 13:00hs.					
Mês		abril	maio	junho	julho	agosto	set.	abril	maio	junho	julho	agosto	set.
Média Ev.U		0,26	0,21	0,28	0,26	0,27	0,41	0,34	0,30	0,25	0,32	0,32	0,44
Média Ev.V		0,14	0,18	0,21	0,26	0,28	0,39	0,30	0,21	0,23	0,38	0,38	0,46
Dp Ev. U		0,14	0,09	0,16	0,18	0,11	0,30	0,15	0,11	0,11	0,25	0,17	0,29
Dp Ev. V		0,08	0,07	0,14	0,21	0,13	0,25	0,18	0,08	0,15	0,27	0,24	0,29
C. corr.		0,73642	0,13365	0,95907	0,84748	0,91309	0,97481	0,70483	0,63265	0,87982	0,78480	0,97275	0,94453

Continuação do quadro 3-7-c.

Intervalo		13:00 - 14:00hs.						14:00 - 15:00hs.					
Mês		abril	maio	junho	julho	agosto	set.	abril	maio	junho	julho	agosto	set.
Média Ev.U		0,37	0,37	0,34	0,33	0,39	0,56	0,46	0,44	0,36	0,36	0,38	0,53
Média Ev.V		0,30	0,33	0,35	0,40	0,45	0,54	0,36	0,38	0,38	0,55	0,40	0,52
Dp_Ev. U		0,16	0,15	0,13	0,21	0,19	0,32	0,20	0,19	0,10	0,18	0,17	0,25
Dp_Ev. V		0,14	0,12	0,14	0,20	0,21	0,33	0,19	0,19	0,14	0,27	0,20	0,25
C. corr.		0,51474	0,75971	0,78440	0,72263	0,90636	0,94654	0,57622	0,81249	0,60868	0,45683	0,87607	0,91630

Intervalo		15:00 - 16:00hs.					
Mês		abril	maio	junho	julho	agosto	set.
Média Ev.U		0,36	0,35	0,32	0,41	0,37	0,52
Média Ev.V		0,31	0,34	0,35	0,48	0,44	0,56
Dp_Ev.U		0,16	0,11	0,10	0,21	0,19	0,21
Dp_Ev.V		0,17	0,14	0,10	0,15	0,21	0,21
C. corr.		0,71886	0,94983	0,85750	0,32091	0,96679	0,83259

FIGURA.3-1

# GRÁFICO PSICROMÉTRICO

PRESSÃO BAROMÉTRICA=760 mm Hg(1013mbar)

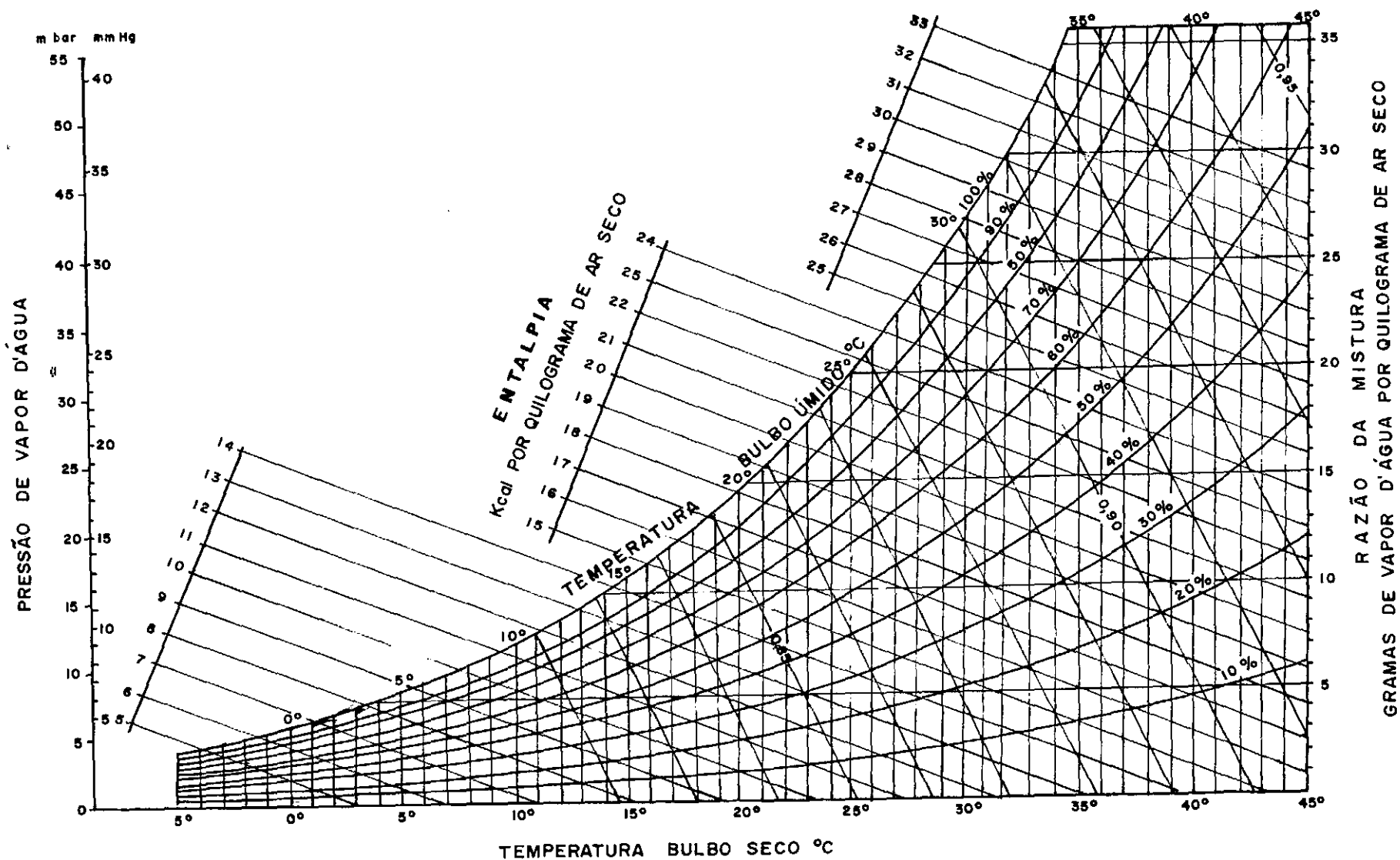


TABELA 3-1

TABELA - Valores de  $\Delta/\gamma$ , entre 1°C e 40°C, para o cálculo da evaporação potencial pelo método de PENMAN

$$\Delta = \frac{e_s - e'_s}{t_s - t'_s} \approx \frac{d_e}{d_t}$$

$$\gamma = 0,5 \text{ mm/}^\circ\text{C}$$

t	$\Delta/\gamma$	t	$\Delta/\gamma$	t	$\Delta/\gamma$	t	$\Delta/\gamma$
1	0,6	11	1,4	21	2,2	31	4,0
2	0,8	12	1,4	22	2,4	32	4,2
3	0,8	13	1,6	23	2,6	33	4,2
4	0,8	14	1,6	24	2,6	34	4,4
5	1,0	15	1,6	25	2,8	35	4,6
6	1,0	16	1,8	26	3,0	36	5,2
7	1,2	17	1,8	27	3,2	37	5,2
8	1,2	18	2,0	28	3,2	38	5,4
9	1,2	19	2,0	29	3,6	39	5,6
10	1,2	20	2,0	30	3,8	40	5,8

TABELA: 3-2 — Tensão Máxima do Vapor ( $e_s$ ), sobre água, em mm. de Hg.

(°C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,79	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
3	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,30	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,73	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,27	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,87	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32
36	44,56	44,81	45,05	45,30	45,55	45,80	46,05	46,30	46,56	46,81
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,10	48,36	48,63	48,89	49,16	49,42
38	49,69	49,96	50,23	50,50	50,77	51,05	51,32	51,60	51,88	52,16
39	52,44	52,73	53,01	53,29	53,58	53,87	54,16	54,45	54,74	55,03
40	55,32	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03
41	58,34	58,65	58,96	59,27	59,58	59,90	60,22	60,54	60,86	61,18
42	61,50	61,82	62,14	62,47	62,80	63,13	63,46	63,79	64,12	64,46
43	64,80	65,14	65,48	65,82	66,16	66,51	66,86	67,21	67,56	67,91
44	68,26	68,61	68,97	69,33	69,69	70,05	70,41	70,77	71,14	71,51